N° d'ordre 61

Année 1967

THÈSE

présentée

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE BESANÇON

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE TROISIÈME CYCLE

(Mention : Biologie Animale)

par

Michelle L'EXCELLENT née GOBIN

Licenciée ès Sciences

ÉTUDE DE L'ÉLIMINATION DES SELS CHEZ LA TANCHE (Tinca tinca L.)

Soutenue le 18 Mai 1967

devant la commission d'Examen

MM. J. RIPPLINGER, Président

C. BUGNON, Examinateur

P. REAL, Examinateur

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547627_0011

N° d'ordre 61

Année 1967

THÈSE

présentée

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE BESANÇON

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE TROISIÈME CYCLE

(Mention : Biologie Animale)

par

Michelle L'EXCELLENT née GOBIN

Licenciée ès Sciences

ÉTUDE DE L'ÉLIMINATION DES SELS CHEZ LA TANCHE (Tinca tinca L.)

Soutenue le 18 Mai 1967

devant la commission d'Examen

MM. J. RIPPLINGER, Président

C. BUGNON, Examinateur

P. REAL, Examinateur

UNIV.
LAVAL
QUE.

UNIVERSITE DE BESANCON

FACULTE DES SCIENCES

DOYEN HONORAIRE : M. GLANGEAUD

PROFESSEURS HONORAIRES : MM. BAILLAUD, DUFFIEUX, THYRI TRILLAT, UEBERSFELD, VINCENSINI

MAITRE DE CONFERENCES HONORAIRE : M. GRANIER

DOYEN	M.	JACQUEMAIN	: Chimie Appliquée
ASSESSEUR	M.	THIEBAUT	: Géologie Minéralogie
PROFESSEURS	M.	TRONCHET	: Botanique
	M.	CHATELET	: Mathématiques
	M.	PERROT	: Chimie Générale
	M.	PLUVINAGE	: Physique Théorique
	M.	DREYFUSS	: Géologie Minéralogie
	M.	MESNAGE	: Chronométrique
	M.	THEOBALD	: Paléontologie et Géologie stratigraphique
	M.	QUANTIN	: Botanique
	M.	NAHON	: Mécanique Générale
	M.	CHALEAT	: Mécanique Appliquée
	M.	RIPPLINGER	: Physiologie animale
	M.	BERNARD	: Chimie Physique
	M.	RIGAL	: Mathématiques
	M.	VIENOT	: Physique Générale
	M.	GOMOT	: Zoologie
	M.	ARBEY	: Astronomie
	M.	GALATRY	: Physique
PROFESSEUR ASSOCIE	M.	DEFIX	: Mécanique Appliquée
PROFESSEURS SANS CHAIRE			
	M.	POTIER	: Physique des Solides
	M.	DEVIN	: Chimie Générale
	Mle	LEGRAND	: Botanique
	M.	REAL	: Biologie animale
	M.	VALLEE	: Mathématiques Appliquées
	M.	GOUARNE	: Mathématiques
	M.	CERUTTI	: Chimie Appliquée
	M.	BONNEAU	: Astronomie
MAITRES DE CONFERENCES			
	M.	THEOBALD J.G.	: Spectroscopie Hertzienne
	M.	PARIZET	: Mathématiques
	M.	HARTMANN	: Physique
	M.	ROBERT	: Mathématiques
CHARGES D'ENSEIGNEMENT			
	M.	REMOND	: Chronométrie
	M.	MASSONIE	: Mécanique
	M.	HELLEGOUARCH	: Mathématiques
	M.	BANTEGNIE	: Mathématiques
	M.	MERIGOUX	: Physique
	M.	MIELLOU	: Mathématiques
	M.	OLIVIER	: Physique

CONSEILLER ADMINISTRATIF UNIVERSITAIRE : Monsieur LAMBERT

Avant de commencer l'exposé de cette Thèse, c'est pour moi un agréable devoir d'exprimer toute ma gratitude à Monsieur le Professeur Ripplinger, qui m'a accueillie dans son Laboratoire, n'a cessé de s'intéresser à mes recherches, m'a conseillée et dirigée dans mon travail, et qui a accepté la présidence de mon jury de Thèse.

J'exprime toute ma reconnaissance à Monsieur le Professeur Réal, et à Monsieur le Professeur Bugnon, qui ont bien voulu faire partie de mon jury.

J'exprime toute ma gratitude à Monsieur Cardot pour son aide et ses conseils désintéressés.

Je remercie Madame Boillon, qui a assumé la dactylographie de cette Thèse.

Je remercie également tous ceux qui, au Laboratoire ont facilité ma tâche.

L'objet de notre travail a consisté à rechercher quelques-uns des mécanismes contrôlant les éliminations salines chez le Poisson. D'après ce qui a été établi chez d'autres espèces, les éliminations salines dépendent, d'une part de la composition du milieu intérieur (pression osmotique), d'autre part de son volume. Nous avons donc été amenés à modifier tout d'abord deux paramètres du milieu intérieur du Poisson : la composition chimique et le volume.

Ces expériences ont été réalisées sur un Téléostéen d'eau douce, la Tanche, Tinca tinca L..

Nous avons étudié respectivement et comparé :

1°) Les éliminations en NaCl et KCl que présente un animal normal placé dans l'eau distillée.

2°) Les éliminations de NaCl et de KCl que présente ce même poisson après des injections, d'une part d'eau pure, d'autre part de solutions concentrées de NaCl, KCl ou $CaCl_2$, soit dans la cavité péritonéale, soit directement dans la circulation.

SOMMAIRE

INTRODUCTION 1

HISTORIQUE 2

- PREMIERE PARTIE : EQUILIBRE ENTRE MILIEU INTERIEUR ET MILIEU EXTERIEUR CHEZ LE TELEOSTEEN D'EAU DOUCE 4

Chapitre I - Régulation hydrominérale chez le Téléostéen d'eau douce 4

Chapitre II - Les organes effecteurs de l'équilibre hydrominéral 8

Chapitre III - Les centres régulateurs de l'équilibre hydrominéral 15

- chez les Mammifères 15

- chez les Poissons 18

- SECONDE PARTIE - EQUILIBRE ENTRE MILIEU INTERIEUR ET MILIEU ENDOCELLULAIRE CHEZ LE TELEOSTEEN D'EAU DOUCE 26

Chapitre I - Composition ionique des milieux intérieur et intracellulaire 26

Chapitre II - Equilibre du sodium et du potassium entre les deux milieux . 27

Chapitre III- Effets des surcharges en Na^+ ou en K^+ du milieu intérieur sur l'équilibre osmotique 29

- CONCLUSION 31

MATERIEL ET METHODES 32

CARACTERES DE L'ELIMINATION NORMALE DE SELS 37

A) ETUDE DE L'EXCRETION SALINE TOTALE DE LA TANCHE PLACEE DANS L'EAU DISTILLEE

Chapitre I - Mode d'évaluation des résultats 37

Chapitre II - Analyse des facteurs influençant l'élimination 47
- Origine de l'animal 47
- Poids de l'animal 53

Chapitre III - Corrélation entre les éliminations de K^+ et de Na^+ 58

B) ETUDE SEPAREE DES EXCRETIONS SALINES BRANCHIALE ET URINAIRE 65

Chapitre I - Etude de l'excrétion saline urinaire 65

Chapitre II - Etude séparée des éliminations branchiale et urinaire..... 67

Chapitre III- Rôle du volume d'eau offert à l'animal avant expérimentation sur l'élimination ultérieure de NaCl et de KCl dans l'eau distillée 77

C) ESSAI DE SYNTHESE DES RESULTATS OBTENUS EN SUIVANT LES DIFFERENTES METHODES 81

EFFETS DE MODIFICATIONS DANS LA NATURE DU MILIEU INTERIEUR DE LA TANCHE SUR LES CARACTERES DE SON EXCRETION SALINE 83

A) IMMERSION DES POISSONS DANS DES SOLUTIONS HYPERTONIQUES 84

B) EFFET DE MODIFICATIONS DU MILIEU INTERIEUR SUR L'ELIMINATION DE LA TANCHE DANS L'EAU DISTILLEE 85

Chapitre I - Effets immédiats, sur l'excrétion branchiale et urinaire de la Tanche dans un litre d'eau distilée, de modifications dans la composition du milieu intérieur .. 86

Chapitre II - Effets lointains d'injections de NaCl, KCl, eau pure pratiquées dans la cavité péritonéale, sur l'élimination de NaCl et KCl de la Tanche 96

Chapitre III- Effets de groupe 113

C) AUTRES EFFETS DE MODIFICATIONS DE LA NATURE DU MILIEU INTERIEUR DE LA TANCHE 121

CONCLUSION 126

BIBLIOGRAPHIE 128

INTRODUCTION

C'est dans le milieu extérieur que les êtres vivants puisent les matériaux nécessaires à leurs cellules, et rejettent les produits qui leur sont devenus inutiles. Il n'existe qu'un petit nombre de milieux extérieurs possibles : eau douce ou saumâtre, eau de mer, air.

Les Protozoaires sont des êtres unicellulaires directement en rapport avec le milieu dans lequel ils se trouvent. Chez les Métazoaires, à l'exception des plus inférieurs, comme les Eponges et les Coelentérés, les cellules profondes de l'organisme sont séparées du milieu extérieur et baignent dans un milieu intérieur, ensemble des liquides corporels comprenant plasma, lymphe, liquides interstitiels du tissu conjonctif et des séreuses, et liquide céphalo-rachidien. C'est dans le milieu intérieur que les cellules puisent leurs aliments, leurs constituants minéraux et rejettent leurs déchets.

Le problème est compliqué chez les animaux aquatiques en général et les Poissons en particulier, car, des équilibres doivent s'établir entre milieu endocellulaire et milieu intérieur d'une part, auxquels s'ajoutent d'autre part, les échanges entre milieu intérieur et milieu extérieur.

L'étude de la nature du milieu intérieur et du maintien de sa constance est un problème intéressant et particulièrement chez le Poisson d'eau douce ; tous les auteurs admettent en effet que les Vertébrés ont fait leur apparition dans l'eau douce.

HISTORIQUE

Dans une première partie, nous étudierons l'équilibre entre milieu intérieur du Poisson d'eau douce et milieu extérieur.

Le Poisson d'eau douce possède un milieu intérieur fortement hypertonique ($\Delta = -0,57°C$) par rapport au milieu extérieur ($\Delta \simeq 0°C$). La constance du milieu intérieur est nécessaire à la vie cellulaire, et le Poisson doit posséder des fonctions de régulation osmotique dont le but est de maintenir précisément l'homéostasie. Ces fonctions sont assurées par des cellules spécialisées groupées en organes : les uns sont chargés d'apporter aux cellules les aliments et les sels indispensables (tube digestif, branchies), les autres éliminent les substances de déchet (organes excréteurs, reins, branchies, intestin). La mise en jeu d'un mécanisme de régulation est la suivante : tout changement de composition du milieu intérieur est perçu par des récepteurs qui transmettent l'information à des centres supérieurs, dits de régulation, qui commandent un ensemble de mécanismes glandulaires tendant à atténuer ou à compenser le déséquilibre initial.

Dans cet historique nous considérerons successivement :

I- L'équilibre hydrominéral chez le Téléostéen d'eau douce dans son milieu.

II- Les organes effecteurs de la régulation osmotique : branchies, reins et peau.

III- Les centres de régulation : hypothalamus et hypophyse, thyroïde, interrénal et corpuscules de Stannius, urophyse.

La seconde partie de notre historique aura pour objet l'étude de l'équilibre osmotique entre milieu endo-cellulaire et milieu intérieur.

Les échanges de la cellule se font en effet avec le milieu intérieur, ce dernier maintenu constant par rapport au milieu extérieur grâce au développement des mécanismes de régulation. En fait, certaines cellules ne sont pas baignées directement dans le milieu intérieur, mais dans un liquide de composition intermédiaire entre celle du milieu endocellulaire et celle du milieu intérieur.

Le principe des échanges reste le même, et, pour la clarté de l'exposé, nous admettrons l'existence d'un équilibre entre milieu endocellulaire et milieu intérieur,(ou exocellulaire).

Nous étudierons successivement :

I- La composition ionique des milieux intra- et extracellulaire.

II- L'équilibre du cation sodium et du cation potassium entre les deux milieux et son contrôle hormonal.

III- L'effet de surcharges en cation sodium ou en cation potassium sur cet équilibre.

PREMIERE PARTIE

EQUILIBRE ENTRE MILIEU INTERIEUR ET MILIEU EXTERIEUR CHEZ LE TELEOSTEEN D'EAU DOUCE

CHAPITRE I

REGULATION HYDROMINERALE CHEZ LE TELEOSTEEN D'EAU DOUCE

I- EQUILIBRE DE L'EAU

Puisque le Poisson d'eau douce possède un milieu intérieur fortement hypertonique par rapport au milieu extérieur, il absorbe, par osmose, des quantités considérables d'eau.

La pénétration de l'eau s'effectue principalement par les branchies et les muqueuses de la cavité buccale, par la surface du corps (dont la perméabilité varie avec l'espèce) et accessoirement par le tube digestif.

Cette eau dilue le milieu intérieur, et l'hydratation de l'organisme est compensée par l'excrétion d'une urine abondante par le rein. Les volumes d'écoulement d'urine, pour quelques espèces de Téléostéens, sont donnés dans le Tableau I.

II- EQUILIBRE DES SELS

Bien que fortement hypotonique ($\Delta = -0,025°C$ pour *Ameiurus nebulosus*, $\Delta = -0,07°C$ pour *Cyprinus carpio*) par rapport au sang, cette urine est plus minéralisée que l'eau douce.

Espèce	Volume d'écoulement d'urine en ml/kg/jour	Référence
Salmo irideus Truite arc-en-ciel	60 à 106 ml	KROGH, A. (41)
Cyprinus carpio Carpe	48 ml	SMITH,H.W.(73)
Carassius auratus Poisson rouge	40 à 100 ml	KROGH, A, (41)
Ameiurus nebulosus Poisson-chat	51 à 79 ml	HAYWOOD,C. and CLAPP,M.J.(31)

TABLEAU I - Mesure des volumes d'écoulement d'urine chez quelques Téléostéens.

Substance	Lieu de pénétration	Lieu d'élimination
Eau	Branchies	Rein (urine hypotonique au sang)
Sels	Nourriture	Rein
	Branchies	Tractus digestif

TABLEAU II - Régulation osmotique chez les Téléostéens d'eau douce. (d'après BLACK, V.S. (8))

L'organisme du Poisson subit donc une perte continuelle en sels par son urine, malgré une réabsorption de ces sels au niveau de la partie proximale des tubes contournés du rein. Il y a perte de sels également par diffusion osmotique à travers la surface du corps et des branchies, et par les féces.

Pour compenser ces pertes, il faut par conséquent un apport continuel de sels soit grâce à la nourriture ingérée soit par des processus d'absorption active et sélective de certains ions au niveau des branchies.

C'est KROGH, A. (42) le premier qui a démontré l'absorption active au niveau des branchies d'ions chez sept espèces de Téléostéens d'eau douce. Il a apporté la preuve de l'absorption des chlorures, bromures, et du cation sodium. SMITH, A.W. et KEYS, D.K. (72) ont démontré l'absorption du lithium aussi bien que du sodium (KEYS, D.K. (31)), par les branchies du Poisson rouge Carassius auratus. Par contre ni le potassium, ni le césium, ni le rubidium ne seraient absorbés. Au point de vue physiologique, COPELAND, D.E. (16) a pu montrer que chez Fundulus heteroclitus, les cellules des branchies qui absorbent les sels contenus dans l'eau douce sont les mêmes cellules que celles décrites par KEYS, A.B. (39) qui rejettent les chlorures dans l'eau de mer.

Pour que ces cellules participent à l'équilibre minéral de l'animal, il faut que les ions du milieu extérieur s'y trouvent à une concentration convenable. Au-dessous d'un seuil, l'absorption n'est pas possible. Le seuil de fonctionnement est variable selon les espèces, de même qu'est également variable la vitesse d'absorption de ces ions. C'est ainsi que WIKGREN, B. (81) a pu faire des comparaisons entre les seuils et les vitesses d'absorption des chlorures, chez diverses espèces d'animaux aquatiques.

Le Tableau II (page 5) résume les principaux échanges qui s'effectuent chez tout Poisson d'eau douce.

Le schéma de BALDWIN, E. illustre les mouvements de l'eau et des sels, nécessaires à la régulation osmotique chez un Téléostéen d'eau douce (3)).

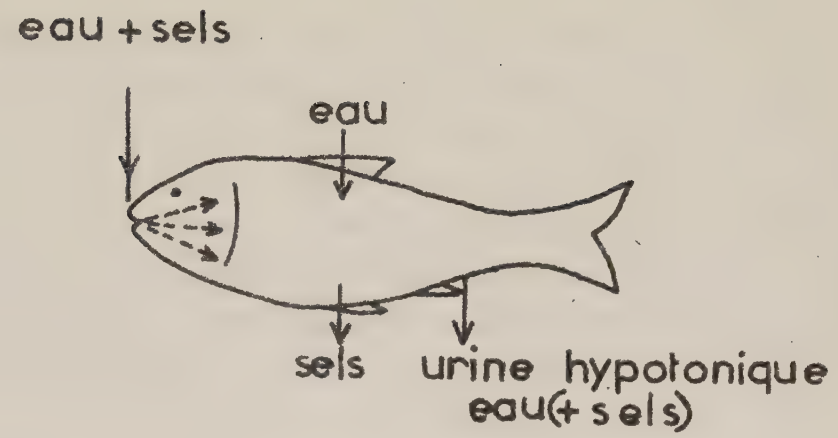


Fig. 1 .- Schéma de BALDWIN

Chez les Téléostéens d'eau douce, ce sont essentiellement les mêmes organes (reins et branchies) qui assurent à la fois les fonctions d'excrétion et d'osmorégulation. L'étude de ces organes, fera l'objet de notre second chapitre.

CHAPITRE II

LES ORGANES EFFECTEURS DE L'EQUILIBRE HYDROMINERAL

LES BRANCHIES

I - HISTOLOGIE

Les branchies sont des excroissances lamelleuses, vascularisées, situées sur les côtés du pharynx. Elles sont protégées par un opercule et supportées par les arcs branchieux. Les fentes sont séparées les unes des autres par des cloisons branchiales. La cloison branchiale est une lame conjonctive dans laquelle pénètrent les artères afférente et efférente, et les nerfs.

Chacune des cloisons présentent sur ses faces antérieure et postérieure des feuillets branchiaux bien développés, dont les replis portent le nom de lamelles branchiales. La structure de ces dernières se réduit à deux couches de cellules épithéliales, séparées et soutenues par des cellules endothéliales hypertrophiées, les cellules en pilastre découvertes par BIETRIX, E. (6).

II- IRRIGATION

L'artère branchiale ou aorte ventrale donne naissance à quatre paires de vaisseaux afférents, qui se rendent aux quatre paires d'holobranchies. Ces artères se résolvent en capillaires, le sang hématosé repris par les artères efférentes, est conduit dans l'aorte dorsale.

III - PHYSIOLOGIE

C'est SMITH. H.W. (73) qui a le premier suggéré que les branchies jouaient un rôle dans l'excrétion active des sels, et KEYS, A.B. (38) a prouvé la sécrétion active des sels par les cellules localisées dans les branchies de l'Anguille. BURNS, J. et COPELAND, D.E. (11) en ont découvert également sur la surface interne de l'opercule. L'histologie de ces cellules a été étudiée, en particulier, par COPELAND, D.E. et ses collaborateurs (16) sur le poisson euryhalin, Fundulus heteroclitus, et par LIU, C.K. (51) sur le Poisson-Paradisier, Macropodus opercularis. En conclusion de ces travaux, il apparaît que les "chloride secreting cells" sont des cellules épithéliales à gros noyaux, situées le plus souvent à la

base des lamelles branchiales, et comparables aux cellules à acide chlorhydrique des Mammifères.

Cependant la fonction de sécrétion de ces cellules n'a pas été reconnue par tous les auteurs ; BEVELANDER, G. (5) en particulier croit plutôt, à la suite de ses recherches sur trente-six espèces de Poissons (comprenant des Cyclostomes, Elasmobranches, Téléostéens marins et d'eau douce) que les "chloride secreting cells" sont, en fait, des cellules muqueuse et que l'activité sécrétrice est fonction de l'épithélium respiratoire des branchies.

LES REINS

I - HISTOLOGIE

Les reins, chez les Téléostéens, sont pairs, allongés, situés dorsalement dans la cavité générale.

Le rein définitif et fonctionnel est le plus souvent polynéphronique (sauf chez les jeunes alevins et chez un très petit nombre d'espèces), et provient du développement de néphrons mésonéphritiques tout le long de l'uretère primitif. L'unité structurale est le néphron.

Chez le Poisson Téléostéen, il n'existe que deux types de néphrons : le néphron aglomérulaire, et le néphron glomérulaire fermé (fig.2).

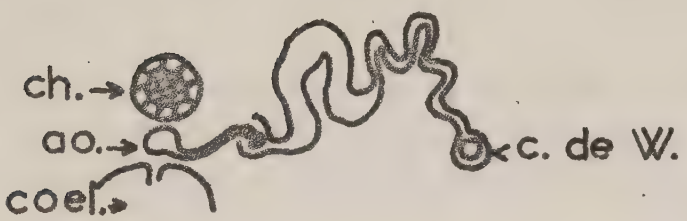
Les néphrons aglomérulaires ne se rencontrent que chez les Téléostéens marins, [mise à part une exception, Microphis boaja (GRAFFLIN, A.L. (30))], les Syngnathes et les Batrachidés. Ils sont unisegmentés, et ont sur toute leur longueur, la disposition d'un segment à bordure en brosse.

Les néphrons glomérulaires fermés ont plusieurs segments, dont le nombre et l'importance varient selon les espèces. EDWARDS, J.G. (19) les a classés en deux catégories :

- Chez les espèces marines, le corpuscule rénal, c'est-à-dire le glomérule vasculaire dans la capsule de Bowmann, est suivi d'un collet, cilié ou non. Ce dernier se prolonge par une tube contourné à bordure en brosse, qui se continue directement dans la portion initiale du système collecteur.

- Chez les espèces dulçaquicoles, au collet fait suite un premier segment contourné, dont la bordure en brosse est haute

Néphron aglomérulaire



Néphron glomérulaire fermé

Figure 2 - Les deux types de néphrons rencontrés chez les Téléostéens (d'Après GERARD,F. (28)).

d'abord, basse ensuite. Le néphron possède en outre un deuxième segment contourné, revêtu de cellules plus basses et sans bordure.

II - IRRIGATION

Une double irrigation sanguine existe :

Le glomérule, chez le Poisson Téléostéen (comme chez tous les Vertébrés) est irrigué par une branche de l'aorte dorsale. C'est donc aux dépens du sang artériel que se fait la filtration du sang dans la lumière de la capsule de Bowmann (mis à part cependant certains Téléostéens comme les Syngnathidés ou Opsanus tau, chez lesquels la circulation artérielle fait défaut).

D'autre part, il existe chez les Poissons un système porte rénal, dont la découverte remonte au début du XIXème siècle. Le circuit afférent comprend deux veines portes rénales (ramifications de la veine caudale) et de plus, des veines segmentaires provenant des régions caudale et abdominale. Le circuit efférent est formé des veines cardinales postérieures, surtout de la droite qui est la plus développée.

En résumé, le néphron reçoit le sang à la fois de l'artère glomérulaire et de la veine porte rénale ; le sang quitte le néphron par des ramifications qui le conduisent dans les veines post-cardinales.

Le mécanisme de cette irrigation est représentée dans la figure 3 (d'après SMITH, H.W. (75)).

III - PHYSIOLOGIE DU NEPHRON

RICHARDS, A.N., et ses collaborateurs (70) ont montré que certaines substances, normalement dissoutes dans le plasma sanguin, se retrouvaient dans l'urine primaire de la chambre glomérulaire à même concentration que celle du sang ; le glomérule est donc uniquement un appareil de filtration.

Le segment à brosse du néphron glomérulé possède une triple fonction.

Un rein, rendu artificiellement aglomérulaire par la technique de NUSSBAUM, M. est encore capable de concentrer certaines substances comme le rouge phénol, dans la lumière de ses segments à brosse . Cette aptitude est la traduction de la fonction sécrétoire de cette zone.

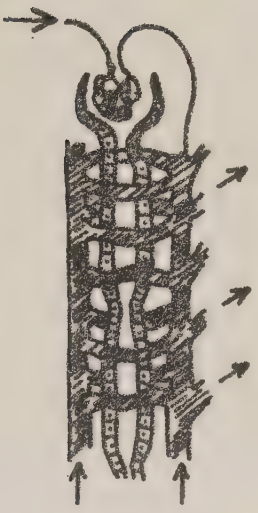


Figure 3 - Tube glomérulaire type chez le Poisson

Inversement, NUSSBAUM, M. a pu montrer que des solutions de colorants acides sont absorbées et passent de la lumière des segments à bordure en brosse vers le sang. Par ailleurs, RICHARDS, A.N. (70) établit l'existence d'une réabsorption du glucose urinaire lors du passage de l'urine dans le segment à bordure en brosse. La fonction de reabsorption est donc inverse de celle de secrétion.

La troisième fonction du segment à bordure en brosse est la fonction arthrocytaire. Cette fonction est un cas particulier de la fonction de résorption. Les cellules du segment contourné accumulent à l'état de granules certaines particules ; l'athrocytose est donc la phagocytose des grosses molécules. Les différentes zones du tube contourné n 'ont pas les mêmes propriétés athrocytaires : les plus grosses molécules sont fixées par les cellules de la partie aval du segment contourné.

Les néphrons glomérulaires laissent passer le glucose, le xylose, le cyanol, le citrate de fer, le nitrate d'urane ; les néphrons aglomérulaires sont incapables de le faire ; ces derniers peuvent sécréter la créatinine, l'acide urique, les iodures, le rouge phénol et le carmin d'indigo.

Il apparaît donc que le néphron aglomérulaire possède, réunies dans son unique segment, les fonctions essentielles du néphron glomérulaire.

Phylogénétiquement, on considère les néphrons aglomérulaires comme plus récents que les néphrons glomérulaires. Comme on ne les rencontre jamais chez les Téléostéens d'eau douce, ce serait un argument en faveur de la théorie de l'origine en eau douce des Vertébrés.

LA PEAU

La concentration osmotique du milieu intérieur du Poisson d'eau douce est plus élevée que celle du milieu extérieur. Nous avons vu que la pénétration de l'eau par osmose s'effectue surtout par les branchies et accessoirement par le tube digestif.

On admet que la peau laisse également passer par osmose, une faible quantité d'eau. La perméabilité de la peau est spécifique des espèces de Téléostéens étudiés. Ainsi, le temps nécessaire pour que 1 ml d'eau traverse 1 cm2 de la surface du corps contre une différence de pression osmotique de 1 atmosphère, est 91 jours pour la Lamproie (WIKGREN, B. (81)) 158 jours pour le Poisson rouge (KROGH, A. (42)) et jusqu'à 5 années pour l'Anguille (KEYS, A. B. (39))

De la même manière, quelques sels passent à travers la surface cutanée, du milieu intérieur vers le milieu extérieur.

Le rôle de la peau dans l'équilibre hydrominéral des Amphibiens est indéniable. Un transport actif d'ions sodium à travers la peau de grenouille a été mis en évidence. Un principe hormonal, responsable de la stimulation spécifique de ce transport actif à travers la peau de grenouille a été isolé dans la post-hypophyse des Amphibiens et des Téléostéens par MAETZ, J., MOREL, F. et LAHLOUH, B. (54) et désigné sous le nom de "natriférine" par ces auteurs. Cependant, un éventuel transport actif de sodium à travers la peau des Téléostéens n'a pu être mis en évidence.

Le mucus, quand il existe, joue également un rôle en réduisant les mouvements de l'eau et des sels à travers la peau.

CHAPITRE III

LES CENTRES REGULATEURS DE L'EQUILIBRE HYDROMINERAL

Les mécanismes régulateurs, qui assurent au milieu intérieur son indépendance par rapport au milieu extérieur sont d'une importance primordiale dans la vie de tout organisme en général et du Poisson en particulier.

Les mécanismes qui contrôlent l'équilibre hydrominéral sont plus simples et mieux connus chez les Mammifères que chez les Poissons. C'est pourquoi, avant d'étudier les mécanismes qui règlent l'équilibre osmotique chez les Poissons, nous en ferons une présentation succinte chez les Mammifères.

CHEZ LES MAMMIFERES

Chez les Mammifères, les mécanismes qui contrôlent l'équilibre hydrominéral s'appliquent essentiellement aux fonctions rénales de filtration et de réabsorption.

Les facteurs hormonaux règlent les phénomènes de réabsorption, les facteurs hémodynamiques et nerveux règlent les phénomènes de filtration, mais ne jouent qu'un rôle accessoire et non spécifique.

Les facteurs hormonaux interviennent sur les processus de régulation de la façon suivante :

Le volume, la pression artérielle, la pression osmotique et la composition chimique du milieu intérieur doivent rester constants. La variation de l'un de ces paramètres, détectée par un récepteur est transmise , grâce à des afférences sensorielles, à un ou des centres de régulation agissant sur des relais endocriniens ; lesquels grâce à des hormones modifient l'activité d'un organe.

Les hormones élaborées, susceptibles de participer à la régulation hydrominérale sont les suivantes :

- hormone antidiurétique neurohypophysaire
- hormone surrénalienne
- thyroxine
- adrénaline et noradrénaline
- hormones antéhypophysaires.

HORMONE ANTIDIURETIQUE NEUROHYPOPHYSAIRE (H.A.D.)

Elle provoque l'augmentation de la réabsorption de l'eau, et la fuite rénale du potassium.

Elle est élaborée par neurosécrétion hypothalamique, sous la dépendance de plusieurs facteurs : - osmotiques
- volumétriques
- neurovégétatifs
- thermiques

Les facteurs osmotiques et volumétriques sont les plus importants.

Toute augmentation de la pression osmotique du milieu intérieur, que ce soit par apport de chlorure de Na ou par soustraction d'eau, provoque une stimulation des centres hypothalamiques, qui libèrent, par l'intermédiaire de la post-hypophyse, l'HAD. Il en résulte une diminution de la diurèse.

La diminution du volume du milieu intérieur augmente la libération d'HAD. Inversement, l'augmentation du volume plasmatique provoque une inhibition de la sécrétion antidiurétique.

HORMONES DU CORTEX SURRENAL

On distingue :

- les hormones minéralo-corticoïdes, qui contrôlent plus particulièrement le métabolisme ionique.
- les hormones gluco-corticoïdes, qui interviennent surtout dans le métabolisme glucidique, mais contrôlent également le métabolisme hydrosalin.

1) Les hormones minéralo-corticoïdes

La désoxycorticostérone et l'aldostérone favorisent la réabsorption du sodium par le tube rénal.

Elles déterminent une augmentation de la diurèse, indépendamment de leur action sur le sodium. Elles augmentent l'élimination potassique.

L'aldostérone est cependant l'hormone minérale type. Ses effets sont nettement plus puissants que ceux de la désoxycorticostérone.

La régulation de la sécrétion d'aldostérone semble échapper en grande partie au contrôle hypophysaire. La sécrétion d'aldostérone est directement réglée par la composition ionique du plasma : la diminution du rapport $\frac{Na^+}{K^+}$ favorisant la sécrétion d'aldostérone.

Indépendamment des facteurs électrolytiques, le volume du milieu interieur contrôle la sécrétion d'aldostérone, grâce à des baro-recepteurs et à des tenso-récepteurs. La sécrétion d'aldostérone s'accroît chaque fois que le volume sanguin circulant est insuffisant et inversement : l'absorption d'une grande quantité d'eau provoque une diminution de la sécrétion d'aldostérone.

2) Les hormones gluco-corticoïdes

Ce sont la cortisone et l'hydrocortisone

Elles stimulent la réabsorption du Na^+ et inhibent celle du K^+; leur effet est alors moins prononcé que celui des minéralo-corticoïdes.

Elles exercent un puissant effet diurétique, plus prononcé que celui des minéralo-corticoïdes.

La régulation de la sécrétion des hormones cortisone et hydrocortisone s'effectue par l'intermédiaire de la corticostimuline antéhypophysaire.

LA THYROXINE

Elle favorise la diurèse.

ADRENALINE ET NORADRENALINE

A faible dose, elles ont une action antidiurétique.

A forte dose, elles ont une action diurétique.

LES HORMONES ANTEHYPOPHYSAIRES

Ce sont :

la corticotrophine antéhypophysaire

la thyréostimuline

l'hormone somatotrope

Elles favorisent indirectement la diurèse.

CHEZ LES POISSONS

Les modalités d'action des centres physiologiques du contrôle de l'eau et des sels ne sont connues que de façon fragmentaire. Nous essaierons d'étudier successivement les centres régulateurs :

- neurohypophyse
- thyroïde
- système interrénal
- système chromaffine
- corpuscules de Stannius
- urohypophyse
- antéhypophyse

NEUROHYPOPHYSE ET HYPOTHALAMUS

Le rôle des hormones neurohypophysaires dans la régulation du métabolisme de l'eau et des sels est un problème qui demande encore à être éclairci.

D'après HELLER, H. (32), le lobe postérieur de l'hypophyse des Poissons renferme un ou des principes, responsables du "water balance effect" : chez les Batraciens ces principes produisent une retention d'eau. Le problème de savoir si le "water balance effect" (rétention d'eau par FONTAINE, M. (20)) a lieu chez le Poisson, reste posé. En faisant agir des extraits d'hypophyse de Téléostéens sur des Téléostéens, CALLAMAND, O., FONTAINE, M., OLIVEREAU, M. et RAFFY, A. (12) n'observent aucune action sur le poids du Poisson, c'est-à-dire sur la rétention d'eau. Les injections d'extraits d'hypophyse de Poisson n'agissent pas non plus sur un Poisson qui se trouve en déficit d'eau (FONTAINE, M. et RAFFY, A. (25)).

Par conséquent, le facteur de rétention d'eau présent dans l'hypophyse du Téléostéen d'eau douce, n'a pas un rôle évident chez le Téléostéen lui-même.

L'hypophysectomie, étudiée chez diverses espèces de Téléostéens, perturbe ou ne perturbe pas la régulation osmotique, suivant les auteurs :

CALLAMAND, O, FONTAINE, M., OLIVEREAU, M. et RAFFY, A. (12) ont constaté que l'hypophysectomie ne modifiait pas sensiblement l'aptitude de l'Anguille adulte à vivre dans des milieux de salinité différente. Cependant, VILTER, V. (79) a montré que chez les jeunes Anguilles, qui normalement recherchent l'eau douce, l'hypophysectomie faisait disparaître l'halophobie ; le poisson euryhalin Fundulus heteroclitus hypophysectomisé survit dans l'eau de mer, mais meurt dans l'eau douce ou l'eau de mer diluée, PICKFORD, G.E. (67). Tout se passe comme si, par sa présence, l'hypophyse favorisait l'élimination d'eau. De nombreux chercheurs, actuellement, essaient de mettre en évidence le rôle de l'hypophyse dans la régulation hydrominérale, en particulier chez les Poissons euryhalins.

Des connexions nerveuses entre hypothalamus et neurohypophyse ont été mises en évidence chez les Téléostéens.

C'est SCHARRER, E. (71) en 1928, qui a le premier observé des cellules de type neuroglandulaire au niveau de l'hypothalamus du Vairon, Phoxinus laevis. Il a ensuite étendu la notion de "neurosécrétion" aux Téléostéens puis à tous les Vertébrés.

L'immersion de Phoxinus laevis dans des solutions hypertoniques est suivie d'un appauvrissement considérable du système hypothalamo-hypophysaire en produit de neurosécrétion. Des modifications du même ordre chez l'Anguille, Poisson euryhalin, demandent pour se produire des concentrations salines beaucoup plus fortes (ARVY, L., FONTAINE, M. et GABE, M. (2)) que celles qui sont nécessaires chez Phoxinus. Des expériences de ce genre furent répétées par TUURALA, O. (78) par exemple.

Chez Gasterosteus aculeatus et Phoxinus laevis placés dans l'eau distillée, la neurosécrétion est augmentée. Elle est particulièrement abondante dans les cellules du noyau préoptique et dans le tractus préoptico-hypophysaire.

Dans les solutions hypertoniques de chlorure de sodium, la neurosécrétion diminue. L'auteur suppose que, dans ce dernier cas, même si la neurosecrétion a augmenté dans ces conditions expérimentales, l'utilisation des produits neurosécrétés s'est trouvée accrue également, de façon plus importante que la production ; d'où la diminution apparente de la neurosécrétion.

En rapprochant ces expériences de celles de FONTAINE, M., et coll. (12) citées plus haut et portant sur l'Anguille, on ne peut s'empêcher d'établir une corrélation entre l'aptitude à la vie en eau douce et l'existence de phénomènes de neurosécrétion hypothalamo-hypophysaire. En milieu hypertonique, l'absence de neurosécrétion s'accompagne d'une tolérance particulière de l'animal à la privation de son hypophyse.

Un contrôle neurosécrétoire du fonctionnement de la neuro-hypophyse intervient donc chez les Téléostéens, suivant le même mode, semble-t-il, que chez les Mammifères : chez ces derniers, la disparition du produit de neurosécrétion est en relation avec la libération d'hormone antidiurétique.

THYROÏDE

On sait que la thyroïde intervient dans le métabolisme de l'eau et des sels chez les Mammifères.

De nombreux travaux montrent que la glande thyroïde joue un rôle important, chez les Poissons migrateurs amphibiotiques, au moment de leur passage dans des milieux de salinité différente. Ainsi chez l'Anguille, il existe deux phases d'intense fonctionnement thyroïdien, la première lors du passage du jeune poisson de l'eau de mer à l'eau douce (FONTAINE, M., LACHIVER, F., LELOUP, J., et OLIVEREAU, M. (24), la seconde lors de la migration de reproduction des adultes. Chez le Saumon, la smoltification, qui correspond au passage d'un milieu marin à un milieu dulçaquicole, s'accompagne d'une forte hyperplasie thyroïdienne (HOAR, W.S. (34)) Cette dernière est en rapport avec l'élévation du taux des hormones thyréotropes dans le sang.

Des expériences intéressantes, réalisées par HEUTS, M.J. (33) sur l'Epinoche, Gasterosteus aculeatus, et l'Epinochette, Pygosteus pungitius, montrent que les animaux immatures supportent de vivre dans des milieux hypertoniques et sont capables de résister à des salinités allant jusqu'à 35 p 1000. Pendant le frai, en même temps que l'hyperactivité thyroïdienne, HEUTS, M.J. remarque une décroissance très nette dans la tolérance à la salinité. Il semble que l'activité thyroïdienne soit une des causes de la différence des états osmotiques entre période normale et période de frai. De même, toujours chez ces deux espèces une diminution de la tolérance à l'eau de mer résulte de l'administration de thyroïde par voie buccale (KOCH, H.J. et HEUTS, M.J. (40)).

La glande thyroïde des Téléostéens marins présente une activation nette quand ceux-ci sont immergés dans des eaux dont la salinité décroît graduellement (OLIVEREAU, M. (59)), cette activation semble en rapport avec l'apparition du déséquilibre hydrominéral de l'animal. Le Poisson marin survit plus longtemps dans l'eau douce quand il est traité par la thyroxine ou la thyréostimuline hypophysaire (FONTAINE, M. (22)). Le Poisson euryhalin, Fundulus heteroclitus, montre une activité thyroïdienne plus grande dans les milieux hypotoniques qu'hypertoniques (GORBMAN, A. et BERG, O. (29)).

La glande thyroïde intervient donc dans la régulation hydrominérale. Si elle semble perturber les mécanismes osmorégulateurs dans un milieu hypertonique, elle faciliterait l'adaptation à la vie en eau douce. Elle est contrôlée par une thyréostimuline antéhypophysaire ; cependant, l'action de l'hypophysectomie sur la structure thyroïdienne est très lente, et les modifications ne sont visibles que plusieurs mois après l'intervention.

SYSTEME INTERRENAL

La capsule surrénale des Mammifères, unité anatomique parfaitement définie, n'existe pas chez les Poissons.

On trouve un équivalent de la médullosurrénale non individualisé anatomiquement, formant chez les Téléostéens, un système dit de "corps interrénaux" : sa morphologie et sa structure varient beaucoup d'une espèce à l'autre ; dans la majorité des espèces, le système interrénal s'étend au niveau du rein céphalique sous la forme d'une gaine entourant les veines cardinales et leurs ramifications.

Il semble que l'interrénal joue un rôle dans la régulation osmotique.

En effet, chez le Saumon, au moment de la smoltification, qui correspond au passage de l'eau de mer à l'eau douce, l'interrénal présente des signes d'hyperfonctionnement, et son volume est doublé (OLIVEREAU, M. (61)).

L'injection d'A.C.T.H. produit, chez l'Anguille en eau de mer, une intensification des échanges de sodium branchiaux. Il est probable que cette action résulte d'une stimulation de la sécrétion d'hydrocortisone par l'interrénal. L'injection d'hydrocortisone, en effet, intensifie de même les échanges branchiaux. (MAYER, N. et MAETZ, J. (55)).

Après hypophysectomie, comme après radiothyroïdectomie, l'ensemble du tissu interrénal présente un aspect plus compact, ce qui reflète une réduction de son activité (OLIVEREAU, M. (63)).

SYSTEME CHROMAFFINE

A côté du système interrénal existe, chez les Téléostéens comme chez les Sélaciens, un système chromaffine. Ce système est formé de cellules chromaffines, à grand noyau clair, à cytoplasme plus ou moins vacuolisé, et qui se présentent isolées ou groupées en îlots. Elles peuvent se rencontrer dans la paroi des vaisseaux mais chez la majorité des Téléostéens, elles sont noyées dans le tissu interrénal.

Dans le tissu chromaffine d'un Sélacien, OLIVEREAU, M. (60) a pu mettre en évidence de l'adrénaline et de la noradrénaline.

L'adrénaline joue un rôle chez le Poisson. Par exemple, son injection provoque, chez le Téléostéen homochromique, des réactions analogues au réflexe d'approche (LABAT, R. (43)).

On ne sait, à l'heure actuelle, si cette hormone intervient dans l'équilibre hydrominéral.

CORPUSCULES DE STANNIUS

Les corpuscules de Stannius sont des formations spécifiques des Holostéens et des Téléostéens. Ce sont des corps sphériques, de teinte pâle, situés dorsalement, depuis la partie moyenne jusqu'à la partie caudale du rein. Leur nombre, variable d'un Téléostéen à l'autre, est de deux en général.

Chez l'Anguille, l'ablation des corpuscules de Stannius détermine un déséquilibre minéral (LELOUP-HATEY, J. (45)) caractérisé par une élévation de la calcémie, de la kaliémie et une chute de natrémie. Des injections de broyats de corpuscules de Stannius dans du sérum physiologique, corrigent ce déséquilibre (FONTAINE, M. (23)). Des injections de chlorure de sodium seul ne corrigent pas ce déséquilibre ; par contre l'association à des injections simultanées d'aldostérone, est efficace (LELOUP-HATEY, J. (46)). Cependant l'aldostérone n'a pu être identifiée dans le sang de beaucoup de Téléostéens.

Les corpuscules de Stannius exercent donc un contrôle direct sur les processus d'osmorégulation, par l'intermédiaire d'une substance minéralocorticoïde (LELOUP-HATEY, J. (47)).

L'injection d'aldactone, antagoniste de l'action de l'aldostérone au niveau du tube rénal, provoque, d'une part, une stimulation des corpuscules de Stannius (OLIVEREAU, M. (67)), et également de l'interrénal, d'autre part, une chute marquée des teneurs en sodium et en potassium du plasma de l'Anguille. Ces faits confirment l'existence d'une hormone de type minéralocorticoïde,, libérée par les corpuscules de Stannius.

Chez l'Anguille "stanniectomisée", la thyroïde est en état d'hyperactivité. La stanniectomie intervient sur le fonctionnement thyroïdien, non pas directement, mais grâce à un relais hypophysaire (LELOUP-HATEY, J. et LELOUP, J. (48)).

Cependant, après hypophysectomie de longue durée, chez l'Anguille, l'étude histologique révèle une stimulation des corpuscules de Stannius (OLIVEREAU, M. , et FONTAINE, M. (66)) : l'hypothèse d'une certaine indépendance des corpuscules de Stannius vis-à-vis de l'hypophyse vient d'être émise.

UROHYPOPHYSE

L'urohypophyse est un système neuro-sécréteur caudal, spécial aux Téléostéens, dont la découverte remonte à ces dernières années.

Les premiers travaux effectués sur ce système montraient son rôle possible dans la régulation osmotique. Ainsi chez Tilapia mossambica, le rôle du système caudal neurosécréteur sur l'osmorégulation a été suggéré par TAKASUGI, N. et BERN, H.A. (76).

Chez Carassius auratus, l'injection intrapéritonéale d'un extrait salin frais d'urohypophyse produit des effets très nets qui se traduisent par un gain de sodium dans le milieu intérieur (MAETZ, J., BOURGUET, J. et LAHLOUH, B. (53)) : l'absorption de sodium au niveau de la branchie augmente, et l'excrétion de sodium et de potassium diminue de moitié au cours des deuxième et troisième heures suivant le traitement.

L'urohypophyse joue par conséquent un rôle dans l'équilibre hydrominéral, rôle qui reste à préciser : des recherches sur ce nouveau sujet d'étude sont en cours.

ROLE DES HORMONES ANTEHYPOPHYSAIRES

Il est reconnu que les hormones antéhypophysaires jouent un rôle dans les phénomènes :

1) d'adaptation chromatique par l'intermédiaire de la M.S.H. (mélanocyte stimulating hormone).

2) de la croissance grâce à l'hormone somatotrope.

3) de la régulation génitale, par l'hormone gonadotrope.

En ce qui concerne l'équilibre hydrominéral, le rôle direct de l'antéhypophyse n'a pu être mis en évidence. Il semble certain que l'antéhypophyse joue un rôle dans la mesure où elle exerce une action sur les autres glandes endocrines :

1) sur la thyroïde par l'intermédiaire d'une thyréostimuline.

2) sur les corpuscules de Stannius

La "stanniectomie" détermine, chez l'Anguille une stimulation du fonctionnement thyroïdien, et cette stimulation s'effectue par relais hypophysaire, car elle n'apparaît pas chez l'animal

hypophysectomisé. (LELOUP, J. et LELOUP-HATEY, J. (44)).

3) sur l'interrénal; en stimulant la sécrétion d'hydrocortisone.

SECONDE PARTIE

EQUILIBRE ENTRE MILIEU INTERIEUR ET MILIEU ENDOCELLULAIRE CHEZ LE TELEOSTEEN D'EAU DOUCE.

CHAPITRE I

COMPOSITION IONIQUE DES MILIEUX INTERIEUR ET INTRACELLULAIRE

MILIEU INTERIEUR

Le principal cation des liquides intérieurs de l'organisme est le sodium, auquel s'ajoutent principalement les cations potassium, calcium et magnésium en beaucoup plus faible quantité.

Les anions rencontrés sont par ordre d'importance décroissante les chlorures, carbonates, sulfates et phosphates.

La composition ionique du milieu intérieur de la Tanche, qui est notre animal d'étude, est la suivante

1°) exprimée en :

Na^+ en g/1000	K^+ en g/1000	Ca^{++} en g/1000	Mg^{++} en g/1000	Référence
3,10	0,16	0,119	0, 0397	PUSCHEL, J. (69)

2°) exprimée en :

NaCl en g/1000	KCl en g/1000	$CaCl_2$ en g/1000	Référence
7,93	0,309	0,330	PUSCHEL, J. (69)
7,20	0,477	0,316	JULLIEN, A. et coll. (36)

MILIEU INTRACELLULAIRE

Dans le liquide intracellulaire, le cation principal est le potassium, à côté duquel se trouvent du sodium et du magnésium. Les anions sont représentés par des phosphates, des sulfates et des protéines.

Le potassium est plus concentré dans le liquide intracellulaire que dans le liquide extracellulaire, alors que c'est l'inverse pour le sodium. Ces deux milieux liquides, malgré la différence de leur composition ionique, sont en équilibre.

CHAPITRE II

EQUILIBRE DU SODIUM ET DU POTASSIUM ENTRE LES DEUX MILIEUX

Les ions Na^+ et K^+ sont donc inégalement répartis entre les deux liquides, bien qu'ils représentent l'un et l'autre des charges électriques identiques.

La diffusion passive des ions ne pourrait s'expliquer que par la perméabilité sélective de la "membrane cellulaire", et il est bien démontré aujourd'hui, grâce à l'emploi des isotopes radioactifs, que les "membranes" sont très perméables aux ions Na^+ et K^+, et que les passages se font dans les deux sens.

L'hypothèse la plus généralement admise pour expliquer leur inégale répartition est celle d'un échange forcé entre ces deux ions. Le Na^+ est transporté activement hors de la cellule, grâce à des "pompes" à sodium, en même temps que pénètre le K^+, puisque, en l'absence de K^+ dans le milieu extracellulaire, l'expulsion de Na^+ est réduite. L'expulsion du Na^+ est liée à la pénétration du K^+, sans que les échanges se fassent pour autant ion pour ion.

Pour LING, G.N. (50), la sélectivité ionique est le résultat des différences dans la grandeur des forces de Coulomb exercées par les charges électronégatives portées par les ions protéiques intracellulaires. L'ion Na^+ hydraté, de diamètre plus grand, ne peut se fixer sur ces charges aussi facilement que l'ion K^+.

Cette conception se heurte à tous les faits qui associent transports ioniques et métabolisme. Le transport de Na^+ en effet, qui se fait contre un gradient de potentiel électrochimique, nécessite l'apport d'une certaine quantité d'énergie.

L'hypothèse de la "pompe redox" élaborée par CONWAY, E.J. (14), est à l'heure actuelle la plus plausible. Le schéma du mécanisme est le suivant :

$$\text{Réducteur}^- \quad \text{Cation}^+ \rightleftharpoons \text{oxydant} + \text{cation}^+ + \text{électron}^-$$

La forme réduite d'un enzyme respiratoire sert de transporteur à un cation, et la transformation de la forme réduite à la forme oxydée s'accompagne de la libération du cation dans le nouveau milieu. L'électron est cédé à l'oxygène du substrat final.

Le transporteur formerait un complexe, avec le sodium par exemple, transporterait ce dernier à travers la "membrane" et le libérerait à l'intérieur de la cellule. Le transporteur aurait ensuite une affinité pour l'ion potassium en sens inverse.

Le contrôle hormonal des transports ioniques est un problème sur lequel nous possédons peu de certitudes. D'une part, un organisme pluricellulaire est formé de différents tissus, pour lesquels une hormone n'a pas la même affinité. D'autre part, les facteurs hormonaux ont avant tout une action rénale et branchiale, et c'est par l'intermédiaire du rein et de la branchie qu'ils participent à l'équilibre hydrominéral. Un ou des facteurs hormonaux "activateurs" du transport actif de sodium à travers la peau de la grenouille ont été mis en évidence par MAETZ, J. et coll. (54) dans le lobe postérieur de l'hypophyse des Téléostéens. Nous n'avons à l'heure actuelle aucune preuve de l'action de ces facteurs sur l'équilibre osmotique chez le Téléostéen .

CHAPITRE III

EFFET DES SURCHARGES EN Na^+ OU EN K^+ DU MILIEU INTERIEUR SUR L'EQUILIBRE OSMOTIQUE

Chez les Mammifères, l'apport massif de K^+ n'affecte pas la concentration de ce cation dans le milieu intérieur, comme il n'est pas éliminé dans les urines, il faut admettre qu'il passe dans les cellules. De plus, puisque la surcharge en K^+ provoque une excrétion accrue de Na^+, le K^+ déplace le Na^+ intercellulaire (PLATTNER, H.C. (68)).

Le processus inverse est vérifié : DARROW, COOKE, R.E. et coll. (15) ont montré que chez les animaux privés de K^+, la concentration cellulaire en Na^+ augmente, le remplacement du K^+ cellulaire par le Na^+ est cependant incomplet.

En ce qui concerne le Téléostéen d'eau douce, des expériences ont été réalisées précédemment sur la Tanche dans notre Laboratoire.

Après un séjour de quelques heures dans un milieu hypertonique monocationique (Na^+) ou bicationique, (Na^+ et Ca^{++}), les Tanches sont agonisantes. A ce moment, l'injection, dans la cavité péritonéale, de 2 à 3 mg de KCl dans 1 ml d'eau, est suivie d'une reprise immédiate des mouvements respiratoires, et assure la survie de l'animal pour quelques jours. L'injection de solutions de NaCl, au lieu de KCl, donne des résultats identiques. Par contre, l'injection de solutions de $CaCl_2$ est défavorable et précipite la mort de l'animal. (JULLIEN, A., RIPPLINGER, J., CARDOT, J. et DURY, M. (37)).

Si l'on étudie le sérum de Tanches agonisantes après immersion dans des solutions salines hypertoniques (14 g/1000), on constate que les taux de sodium et de potassium sont augmentés par rapport aux taux normaux :

Composition ionique du sérum	NaCl en g/1000	KCl en g/1000	$CaCl_2$ en g/1000
Tanches normales	7,20	0,477	0,316
Tanches agonisantes	10,02	0,578	0,318

(JULLIEN, A. et Coll. (37)).

Ces différences sont en relation avec la déshydratation des poissons placés dans un milieu extérieur fortement hypertonique.

On constate que l'injection intrapéritonéale de solutions monocationiques à des Tanches agonisantes est bénéfique pour l'animal, mais on ne peut expliquer le rôle de ces solutions.

CONCLUSION

Les Téléostéens d'eau douce possèdent des mécanismes : structure du rein, branchie, perméabilité cutanée et présence possible de mucus, qui assurent à la composition ionique du milieu intérieur une certaine indépendance par rapport au milieu extérieur. Suivant l'efficacité plus ou moins grande de ces mécanismes régulateurs, il existe des Poissons plus ou moins euryhalins, la Tanche est à classer parmi les sténohalins.

La constance du milieu intérieur est sous la dépendance des centres de régulation : hypothalamus et hypophyse, thyroïde, interrénal et corpuscules de Stannius, urohypophyse, qui commandent les organes effecteurs par l'intermédiaire d'hormones, suivant des modalités encore à peu près inconnues.

De plus, l'équilibre osmotique établi entre milieu endocellulaire et milieu intérieur (le premier riche en potassium, le second en sodium), n'est pas sans jouer un rôle sur la constance de ce dernier, bien qu'on ignore totalement les processus suivant lesquels se font les échanges d'eau et d'ions entre les deux compartiments.

MATERIEL ET METHODES

Les expériences présentées dans ce travail ont été effectuées sur des Tanches (Tinca tinca L.), de poids compris entre 70 et 250 grammes (le plus souvent entre 100 et 150 grammes, c'est-à-dire des Tanches d'un an), qui provenaient d'élevages de la région d'Orchamps, dans le Jura.

Les animaux étaient livrés au laboratoire par lots de 30 environ. Les poissons pouvaient être stockés plus ou moins longtemps chez le fournisseur, certains poissons étaient donc à jeun depuis plus longtemps que d'autres.

Avant d'entreprendre toute expérimentation sur les mécanismes contrôlant les éliminations salines, il importait de connaître les caractères de l'élimination normale des sels chez la Tanche.

Dans une première partie, nous avons étudié l'excrétion saline totale, que présente un poisson dans l'eau distillée.

Dans une seconde partie, nous avons étudié séparément les éliminations branchiale d'une part et urinaire d'autre part, d'individus de la même espèce, placés toujours dans de l'eau distillée.

ETUDE DE L'EXCRETION SALINE TOTALE (BRANCHIALE ET URINAIRE) DE LA TANCHE NORMALE PLACEE DANS L'EAU DISTILLEE

Le poisson, après rinçage dans l'eau distillée, est placé dans un bac contenant deux litres d'eau distillée. Les sels qu'on trouvera dans cette eau proviendront, en partie de l'élimination rénale, en partie de l'élimination branchiale. Il est bien évident que, s'il y a absorption branchiale de sels, elle échappera à tout contrôle dans la méthode adoptée. Finalement, c'est un bilan entre sorties et entrées salines que nous enregistrons.

Les variations de teneur ionique en Na^+ et en K^+ (évaluées sous forme de chlorures) de l'eau du bac d'expérience, sont suivies au photomètre de flamme de B. LANGE, modèle n°4.

En général, pour de faibles concentrations de NaCl et de KCl, il y a proportionnalité entre concentration et déviation galvanométrique.

Pour faciliter la lecture des résultats, les courants créés dans la cellule photoélectrique sont transmis à un galvanomètre enregistreur SEFRAM, type Graphispot, réglé sur 25 mV. On peut enregistrer ainsi sur un graphique et sans discontinuité, les éliminations de NaCl ou de KCl, non seulement en quantité, mais également en fonction du temps.

Un simple calcul permet de convertir, compte tenu du volume dans lequel l'animal est placé, la concentration en quantité de sel. L'intensité de l'élimination est aisément accessible par évaluation de la pente de la courbe enregistrée.

ETUDE SEPAREE DES ELIMINATIONS BRANCHIALE ET URINAIRE

L'excrétion saline de la Tanche, placée dans l'eau distillée, ne traduit qu'un bilan entre sorties et entrées salines. Les principaux organes indispensables à l'accomplissement des fonctions d'excrétion et osmorégulation sont les branchies et les reins, et il a semblé primordial de connaître le rôle propre des branchies et celui propre des reins dans l'excrétion des sels.

Nous avons cherché à déterminer l'importance respective de chacune de ces éliminations. Une première méthode nous a permis, en recueillant directement l'urine de l'animal, d'étudier la part qui revient aux reins dans l'excrétion totale de sels. L'inconvénient de cette première technique est qu'il nous était impossible de mesurer simultanément l'élimination branchiale, car le compartiment branchial de volume important, ne permettait pas un dosage précis des échanges branchiaux.

Une seconde méthode, limitant à 0,5 litre les compartiments branchial et urinaire, nous a permis d'étudier simultanément au cours de la même expérience, l'exrétion saline par voie branchiale et par voie urinaire.

MESURES DE L'ELIMINATION URINAIRE

Le poisson est placé dans un bac d'une dizaine de litres d'eau normale. La partie postérieure du corps de l'animal(et en particulier l'orifice urinaire) est engagée dans une gaine étanche en caoutchouc mince, cette gaine adhère à toute la partie élargie antérieure du corps et ne gène pas les mouvements. Les éliminations urinaires s'accumulent dans l'espace compris entre la gaine et la queue de la tanche. Un cathéter d'une longueur suffisante, permet de recueillir facilement l'urine sans avoir à manipuler le poisson.

Cette méthode nous a permis d'apprécier d'une part,le volume d'urine éliminée par unité de temps ; d'autre part par dosage photométrique la composition de l'urine en NaCl et en KCl.

MESURE DES ELIMINATIONS BRANCHIALE ET URINAIRE

Les compartiments branchial et urinaire sont séparés par une feuille de caoutchouc mince (feuille anglaise) tendue transversalement dans un bac à deux compartiments, réalisé en matière plastique à cet usage. La feuille est percée d'une fente, dans laquelle le poisson est engagé en forçant légèrement. L'aération du compartiment branchial de ce dernier est assurée en permanence par une soufflerie et un diffuseur. Le poisson, dans ces conditions de bonne oxygénation, reste sensiblement immobile pendant toute la durée de l'expérimentation. L'étanchéité entre les deux compartiments est réalisée par l'adhérence du corps de l'animal avec la feuille de caoutchouc. Si par hasard le poisson présente quelques mouvements le volume de liquide qui peut s'échanger à ce moment, entre les deux compartiments, est négligeable, l'expérience, en tou cas ne montre pas d'anomalies dans les processus d'élimination, du côté branchial ou urinaire, pouvant laisser supposer une diffusion des liquides vers l'un ou l'autre côté du diaphragme tendu. L'étanchéité de l'ensemble avec l'extérieur est réalisée par un joint en mousse de caoutchouc.

L'ensemble du système est plongé dans un grand aquarium contenant une vingtaine de litres d'eau froide, et qui sert de volant thermique.

Dans ces conditions, il nous a été permis de suivre au photomètre de flamme, de la même façon que précédemment, les variations de teneur ionique en NaCl et en KCl des solutions alternativement dans le compartiment branchial et dans le compartiment urinaire. Il est possible ainsi d'évaluer les quantités totales de sels éliminés par voie urinaire d'une part, et par voie branchiale d'autre part, et également de suivre, grâce à des recoupements, les aspects dynamiques des deux éliminations séparées.

Une fois connus les caractères de l'excrétion saline normale, il nous a été possible d'entreprendre des recherches sur les mécanismes contrôlant les éliminations. Nous avons alors modifié le volume et la composition chimique du milieu intérieur de la Tanche, en pratiquant des injections.

INJECTIONS DE SOLUTIONS DANS LE CORPS DE LA TANCHE

Nous avons recherché les effets sur les éliminations de la Tanche des injections d'eau pure et de solutions salines.

L'eau sans ions est obtenue par passage d'eau distillée sur une colonne à déminéraliser.

Les sels utilisés pour les solutions sont les suivants:

- chlorure de sodium pur cristallisé, aux concentrations de 20g/litre et 100g/litre d'eau pure.
- chlorure de potassium pur cristallisé à une concentration de 20g/litre.
- chlorure de calcium hydraté 2 H_2O aux concentrations de 20g/litre et de 100g/litre.

Nous avons injecté ces différentes solutions soit directement dans la circulation, soit dans la cavité péritonéale de l'animal.

En ce qui concerne les injections dans la circulation sanguine, nous avons effectué quelques essais dans la veine sus-hépatique, mais, du fait de la difficulté d'accès de cette veine, l'animal subissait un traumatisme trop important.

Les injections de solutions, d'un volume compris entre 0,2 et 1 ml, sont pratiquées dans une petite veine, située sous la peau, sur la ligne médio -ventrale de la partie inférieure de la tête. Cette voie de pénétration s'est révélée à l'usage la plus satisfaisante.

Ex temporanément les injections pratiquées dans la cavité péritonéale ne présentent pas de difficultés techniques particulières. Il faut injecter le volume désiré de solution et retirer rapidement l'aiguille de la seringue, afin d'éviter qu'un trop grand volume de la solution injectée ne reflue vers l'extérieur.

Pour la mesure des éliminations branchiale et urinaire, l'animal étant en place dans son double bac, il n'était pas possible de pratiquer les injections autrement que par un cathéter introduit dans la cavité péritonéale et laissé à demeure, afin de ne pas avoir à manipuler l'animal au cours de l'expérience. On pousse l'injection à l'aide d'une seringue, à distance et au moment voulu.

Première Partie

CARACTERES DE L'ELIMINATION NORMALE DE SELS

A) ETUDE DE L'EXCRETION SALINE TOTALE DE LA TANCHE PLACEE DANS L'EAU DISTILLEE

CHAPITRE I

MODE D'EVALUATION DES RESULTATS

Pour ne pas avoir à prolonger de façon trop importante la durée des mesures, nous avons étudié les relations qui existent entre l'élimination pendant 30 mn, et l'élimination pendant 100 mn, d'une part pour le KCl, et d'autre part, pour le NaCl.

RESULTATS

a) Elimination du KCl

Le tableau III consigne les résultats obtenus.

Il apparaît donc que les éliminations de KCl sont proportionnellement plus importantes au bout de 30 minutes qu'au bout de 100 minutes. Il est possible que le passage de l'eau normale à l'eau distillée constitue un choc osmotique pour l'animal, provoquant une augmentation passagère des éliminations. Au bout de 100 minutes, l'animal s'est adapté à son nouveau milieu et à ses nouvelles conditions, et les éliminations sont ou nulles (KCl) ou régulières(NaCl) pour certains animaux.

Date de l'expérience	KCl en mg/30 mn	KCl en mg/100 mn
12.2.65	0,50	0,75
29.1.65	0,50	0,90
29.1.65	0,55	0,10
14.1.65	0,55	1,00
12.2.65	0,60	0,95
12.2.65	0,65	0,70
29.1.65	0,65	1,15
26.1.65	0,80	2,05
12.2.65	0,85	1,15
14.1.65	0,85	1,15
14.1.65	,85	2,00
9.2.65	0,95	1,40
29.1.65	1,00	1,275
14.1.64	1,10	1,275
26.1.65	1,10	1,75
9.2.65	1,20	1,575
14.1.65	1,20	1,70
1.2.65	1,20	2,30
1.2.65	1,25	2,40
26.1.65	1,30	2,10
9.2.65	1,35	1,80
1.2.65	1,45	2,20
9.2.65	1,70	2,35
26.1.65	2,00	3,05

Tableau III : Elimination en KCl de la Tanche

Si pour un animal donné, on porte en ordonnée, le nombre de mg de KCl éliminés/30 mn et en abscisse, le nombre de mg de KCl éliminés/100 mn, il apparaît une corrélation au travers du nuage de points qu'on obtient. La relation entre ces deux types d'élimination se traduit par une droite de régression passant par l'origine des axes de coordonnées (fig.4), dont l'équation est de la forme :

$$y = a\,x$$

Pour $x = 3$, $y = 2$: d'ou l'on tire $a = 2/3$

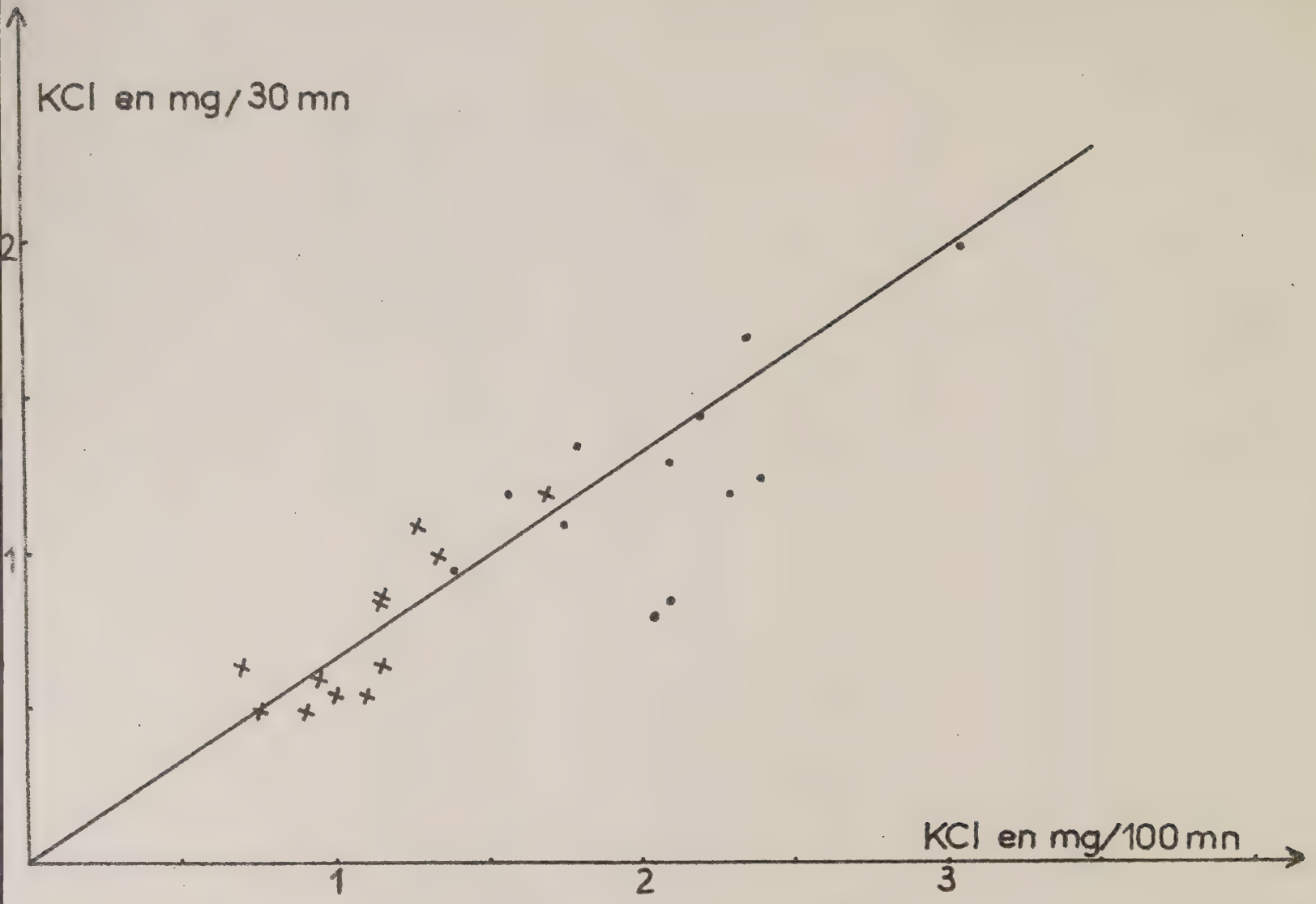


Figure 4 - Relations entre l'élimination de KCl en 30 mn, et l'élimination de KCl en 100 mn que présentent dans l'eau distillée :

- Une tanche provenant d'un faible volume d'eau : .
- Une tanche provenant d'un volume relativement important d'eau : ×

L'élimination de KCl peut se mettre sous la forme

$$y = 2/3\ x$$

où y = mg de KCl éliminés / 30 mn

et x = mg de KCl éliminés / 100 mn

Il nous suffira donc d'étudier l'élimination de KCl pendant 30 minutes,et de multiplier le nombre obtenu par 3/2 pour obtenir le nombre de mg de KCl éliminés en 100 mn.

b) Elimination de NaCl

En ce qui concerne l'élimination du NaCl par le Poisson, il y a lieu de préciser l'origine de l'animal.

En effet, selon le volume d'eau offert à l'animal avant l'expérimentation, la droite de régression (construite suivant le même processus que précédemment, en portant en ordonnée NaCl en mg/30 mn et en abscisse NaCl en mg / 100 mn) ne présente pas la même pente.

Si le poisson dispose, avant expérimentation, d'un volume d'eau relativement important (aquarium d'une contenance d'environ 800 litres) son passage à un volume d'eau restreint provoque une grande agitation pendant une dizaine de minutes : il s'agirait d'une période d'adaptation.

Date de l'expérience	NaCl en mg/30 mn	NaCl en mg/100 mn
29.1.65	1,40	4,95
29.1.65	1,90	4,40
12.2.65	2,10	3,60
12.2.65	2,20	4,40
29.1.65	2,20	4,70
29.1.65	2,20	4,85
25.1.65	2,20	5,30
12.2.65	2,30	4,55
25.1.65	2,50	6,00
25.1.65	2,55	5,27
12.2.65	3,10	5,95
25.1.65	3,60	6,85

Tableau IV : Elimination en NaCl de la Tanche originaire d'un grand volume d'eau.

La droite traduisant la corrélation entre ces deux types d'élimination, construite d'après ces données passe par l'origine et a comme expression :

$$y = a\,x$$

Expérimentalement l'équation de cette droite est :

$$y = 0{,}47\,x$$

où y = mg de NaCl éliminés/30 mn
et x = mg de NaCl éliminés/100 mn (fig. 5)

Dans le cas où les poissons étudiés proviennent d'un faible volume d'eau, 10 litres environ, nous obtenons le tableau suivant :

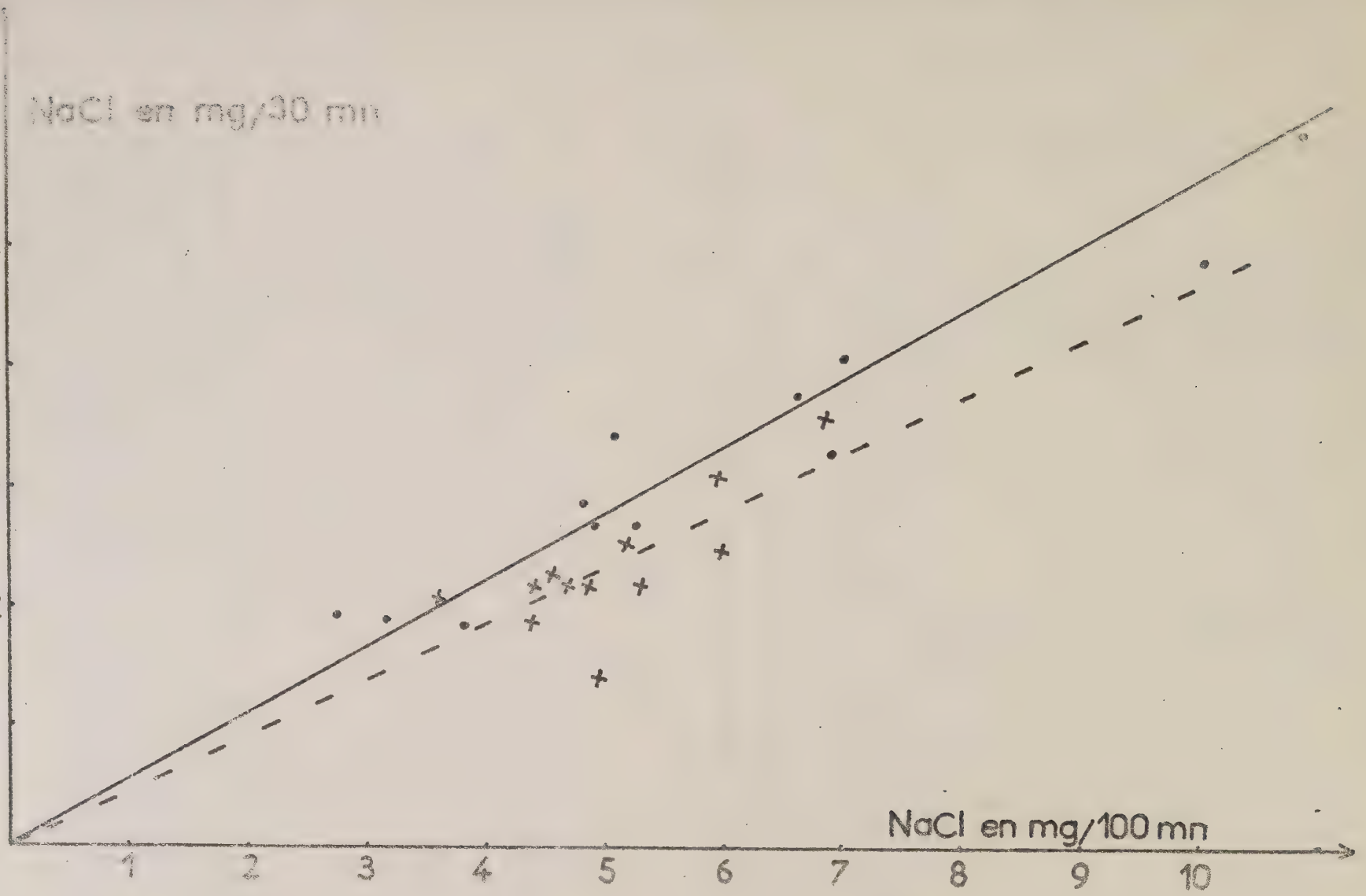


Figure 5 - Relations entre l'élimination de NaCl en 30 mn, et l'élimination de NaCl en 100 mn que présentent dans l'eau distillée :

- Une tanche provenant d'un faible volume d'eau : .
- Une tanche provenant d'un volume relativement important d'eau : ×

Date de l'expérience	NaCl en mg/30 mn	NaCl en mg/100 mn
28.1.65	1,85	3,80
28:1:65	1,90	3,15
28.1.65	1,95	2,75
14.1.65	2,70	4,90
28.1.65	2,70	5,25
9.2.65	2,90	4,80
14.1.65	3,30	6,90
14.1.65	3,45	5,07
9.2.65	3,80	6,60
9.2.65	4,10	7,00
9.2.65	4,90	10,00
14.1.65	5,95	10,80

Tableau V : Elimination en NaCl de la Tarche originaire d'un faible volume d'eau.

La droite de régression, passant dans le nuage de points, passe par l'origine des axes de coordonnées l'équation de cette droite est (fig.5) :

$$y = 0,58\ x$$

CONCLUSION

Il importe de considérer la signification des valeurs qui viennent d'être mentionnées.

Imaginons que l'élimination soit directement proportionnelle au temps d'immersion. Cela signifie que, en 30 minutes, l'animal a éliminé 30% de l'élimination de 100 minutes. La courbe d'élimination s'apparente à une droite.

Cela ne se vérifie jamais expérimentalement. Les valeurs trouvées sont toujours supérieures à 30 % au bout de 30 minutes. Cela signifie que l'élimination est relativement rapide dans les premiers temps de l'immersion, et ralentit ensuite. Les courbes se trouvent donc toutes placées au-dessus de la droite théorique traduisant la proportionnalité entre le temps d'immersion et la

quantité de sel éliminée, et leur concavité est dirigée vers le bas. Cette concavité est d'autant plus marquée que le taux d'élimination initiale (au bout de 30 minutes) est élevé.

Il n'a pas été possible, pour des raisons techniques, de suivre les éliminations au delà de 3 heures. Il semble cependant, à la suite de quelques essais, que la pente de la courbe d'élimination en fonction du temps aille en s'atténuant considérablement et se maintienne ensuite à une faible valeur constante(?) On pourrait supposer, pour expliquer cette atténuation progressive de l'élimination saline, que les processus d'excrétion saline soient couverts, au moins partiellement, par des processus de réabsorption saline. Celle-ci ne pouvant se faire au-dessous d'une certaine teneur de l'eau en sels, ce sont les phénomènes d'excrétion qui l'emportent. Lorsque la quantité de sels éliminés devient suffisante, les processus de réabsorption saline font diminuer, de façon apparente seulement, l'intensité de l'excrétion.

Cependant, s'il en était ainsi, l'animal placé dans l'eau légèrement salée, ne devrait pas présenter de décharge massive de sels, au début d'immersion.

L'expérience montre que dans l'eau ordinaire (15-18 mg de NaCl par litre) l'élimination saline du Poisson est aussi importante que dans l'eau distillée. Par conséquent, il semble que l'intervention d'une éventuelle réabsorption de sels soit à exclure. Ce qui pose sous un nouvel aspect le problème du déterminisme de cette décharge saline lorsque l'animal vient d'être placé dans de l'eau nouvelle.

Tout se passe comme si l'accumulation des éliminations dans le bac d'expérience inhibait progressivement les éliminations ultérieures. Finalement, l'intensité de l'élimination se trouve, au cours du confinement, ramenée à une valeur extrêmement basse. Cette adaptation au confinement semble se faire rapidement pour les animaux qui vivaient initialement dans de petits espaces (10 l.) alors que les animaux provenant d'un grand espace (800 l.) réagissent moins intensément à l'accumulation de leurs déchets, tout au moins avant leur acclimatation aux nouvelles conditions.

Nous retrouverons plus loin une illustration de cette hypothèse, qui signalons-le tout de suite, mérite d'être vérifiée de façon approfondie.

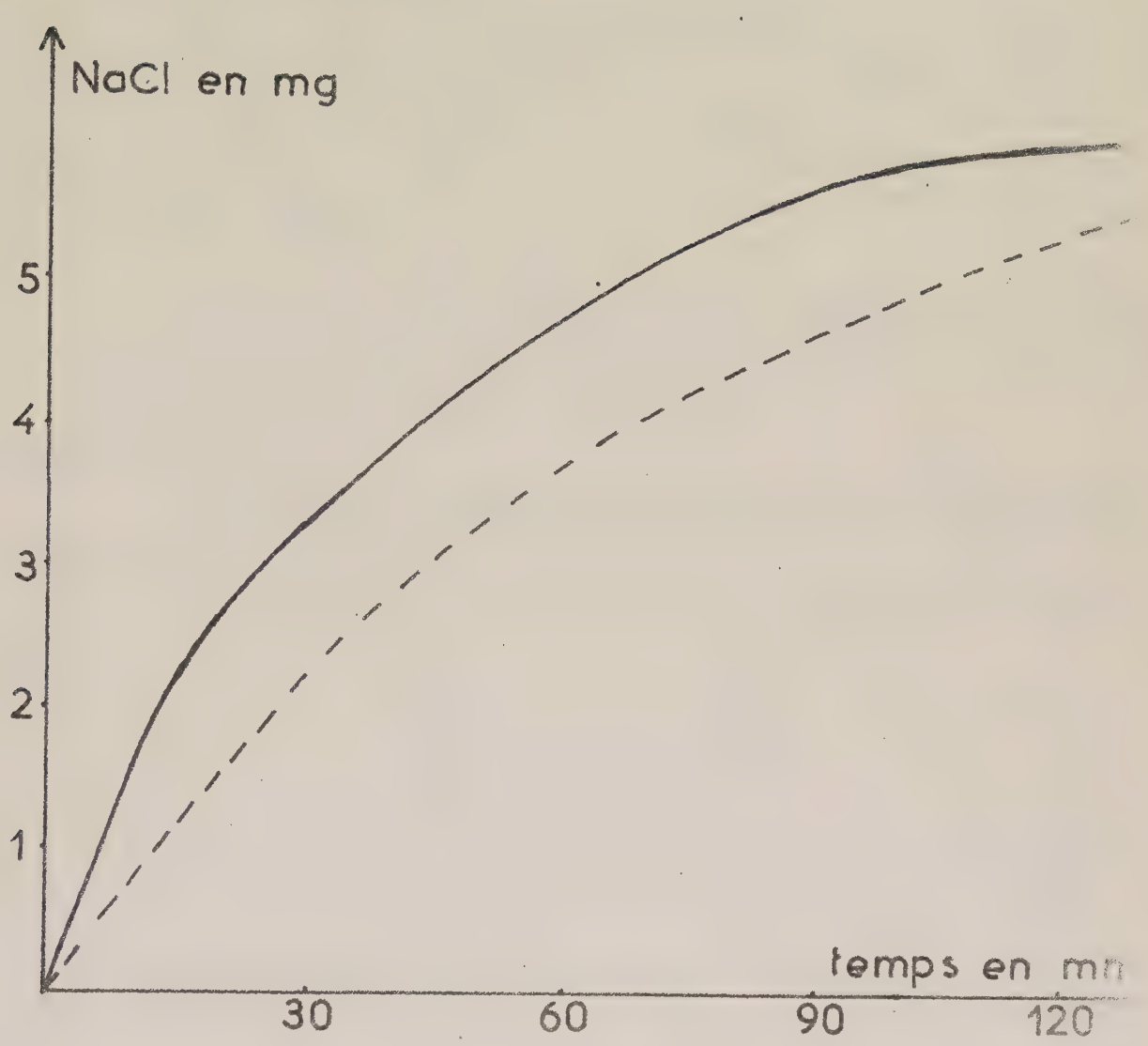


Figure 6 - Elimination de NaCl en fonction du temps :
——— pour une tanche originaire d'un faible volume d'eau
------ pour une tanche originaire d'un volume relativement important d'eau

CHAPITRE II

ANALYSE DES FACTEURS INFLUENCANT L'ELIMINATION

I - ORIGINE DE L'ANIMAL

Nous venons de voir que l'élimination de NaCl était différente suivant l'origine du Poisson, selon le volume d'eau offert à l'animal avant l'expérimentation. La corrélation trouvée ne tient pas compte de la valeur absolue des éliminations. Elle ne traduit qu'un rapport, qui reste constant entre l'élimination en 30 minutes et l'élimination en 100 minutes.

Nous nous sommes livrés à l'étude statistique des éliminations, de NaCl d'une part, et de KCl d'autre part en 30 minutes, en tenant compte de l'origine des poissons.

ELIMINATION DE KCl

1) Etude des poissons en provenance d'un faible volume d'eau (bac d'une dizaine de litres).

Les résultats correspondant au KCl éliminé en mg/30mn sont:

0,45	0,95	1,20	1,70
0,50	1,00	1,20	1,80
0,75	1,00	1,25	1,90
0,80	1,10	1,30	2,00
0,80	1,20	1,30	2,00
0,85	1,20	1,45	2,10

En adoptant comme intervalle de classe 0,25 et comme valeur d'origine 0,25 on établit le tableau de fréquence suivant:

Intervalle de classe	Fréquence
0,25 à 0,45	1
0,50 à 0,70	1
0,75 à 0,95	5
1,00 à 1,20	7
1,25 à 1,45	4
1,50 à 1,70	1
1,75 à 1,95	2
2,00 à 2,20	3

Si on adopte comme valeur d'origine 0,35 (point médian de la première classe) le tableau de fréquence devient :

Intervalle de classe	Fréquence
0,35 à 0,55	2
0,60 à 0,80	3
0,85 à 1,05	4
1,10 à 1,30	7
1,35 à 1,55	2
1,60 à 1,80	2
1,85 à 2,05	3
2,10 à 2,25	1

L'histogramme (fig.7) matérialise ces données.

Les valeurs comprises entre 1 et 1,30 mg de KCl/30 mn sont les plus nombreuses, la moyenne arithmétique calculée est de 1,24 mg/30 mn.

L'écart type est calculé d'après la formule :

$$= \frac{(x - M)^2}{N}$$

dans laquelle : x est l'abscisse du point d'inflexion de la courbe
M moyenne arithmétique des résultats
N fréquence de l'échantillon

$$= 0,13$$

2°) Etude des poissons en provenance d'un volume relativement élevé d'eau (aquarium de 800 litres)

Nous avons étudié les résultats obtenus de la même façon que précédemment.

Les éliminations de KCl sont données en mg/30 mn :

0,50	0,55	0,65	1,00
0,50	0,60	0,85	1,10
0,55	0,65	0,85	1,20

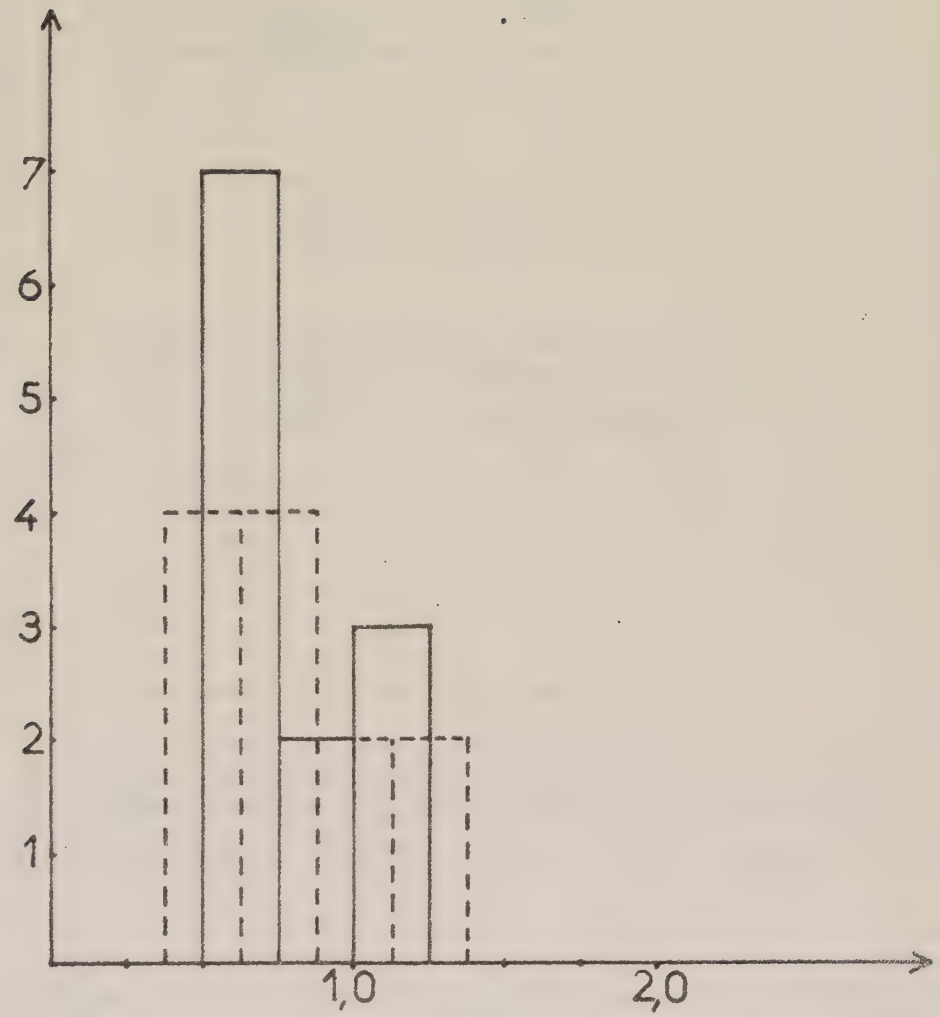


Figure 7 - Histogramme construit à partir de données relatives à l'élimination de KCl dans l'eau distillée après 30 mn pour des tanches provenant d'un volume de 10 litres :
- en ordonnée la fréquence
- en abscisse l'élimination de KCl

En prenant le même intervalle de classe, 0,25, on établit à partir des résultats obtenus, les tableaux de fréquence suivants :

Intervalle de classe	Fréquence
0,50 à 0,70	7
0,75 à 0,95	2
1,00 à 1,20	3

Intervalle de classe	Fréquence
0,35 à 0,55	4
0,60 à 0,80	4
0,85 à 1,05	3
1,10 à 1,30	2
1,35 à 1,55	0

La construction de l'histogramme révèle que, dans le cas présent, la classe modale est celle dont les valeurs sont comprises entre 0,50 et 0,75 mg/30 mn pour le KCl éliminé (fig. 8

Conclusion

Le volume d'eau mis à la disposition des poissons, a une influence certaine sur leur élimination ultérieure en KCl dans 2 litres d'eau distillée.

Les poissons en provenance d'un volume de 800 litres ont une élimination beaucoup plus faible (0,50 à 0,75 mg/30 mn) que les poissons en provenance d'un volume d'une dizaine de litres (1,24 mg/30 mn) (fig. 9).

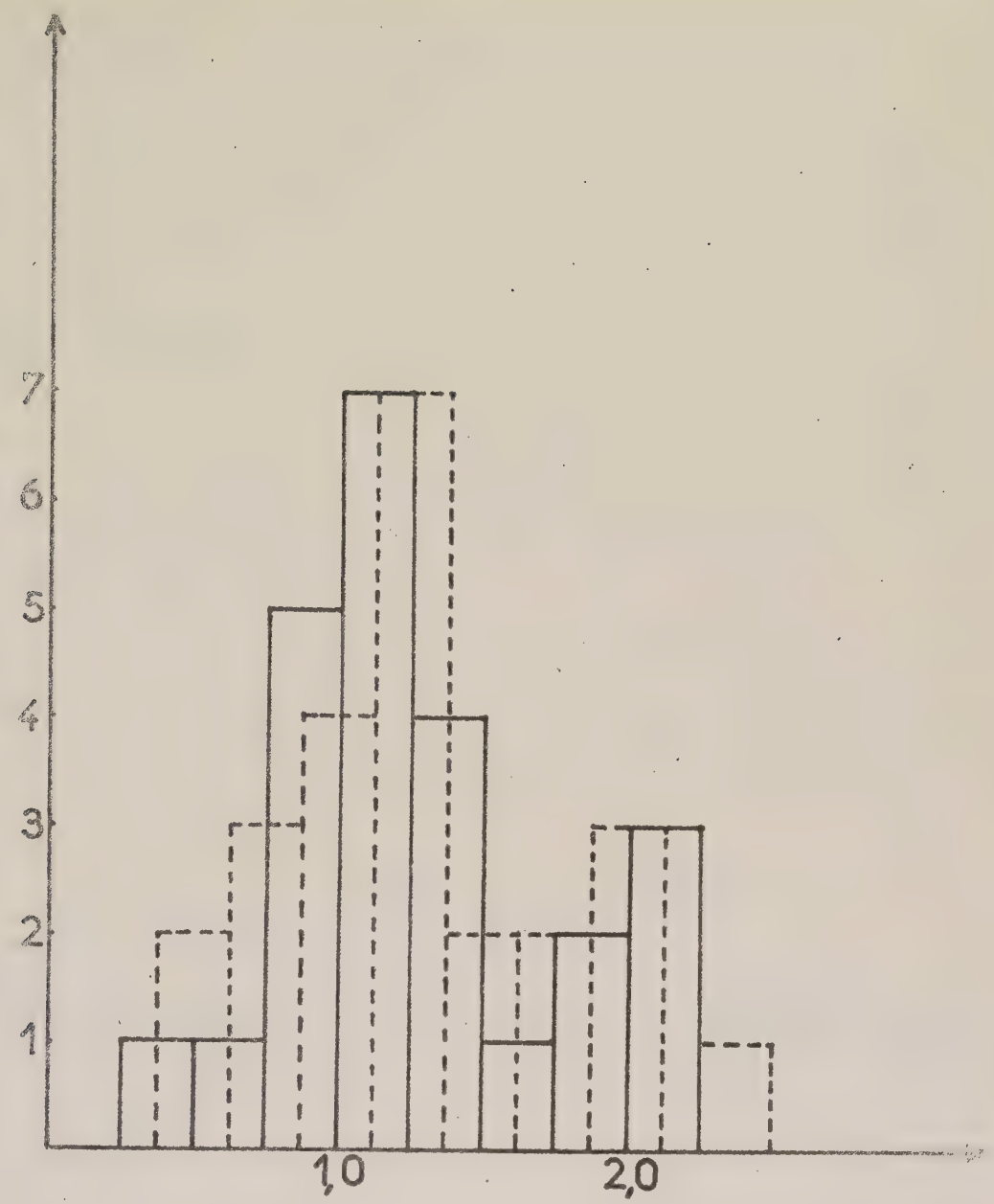


Figure 8 - Histogramme construit à partir de données relatives à l'élimination de KCl dans l'eau distillée après 30 mn, pour des tanches provenant d'un volume de 10 litres :
- en ordonnée la fréquence
- en abscisse l'élimination de KCl

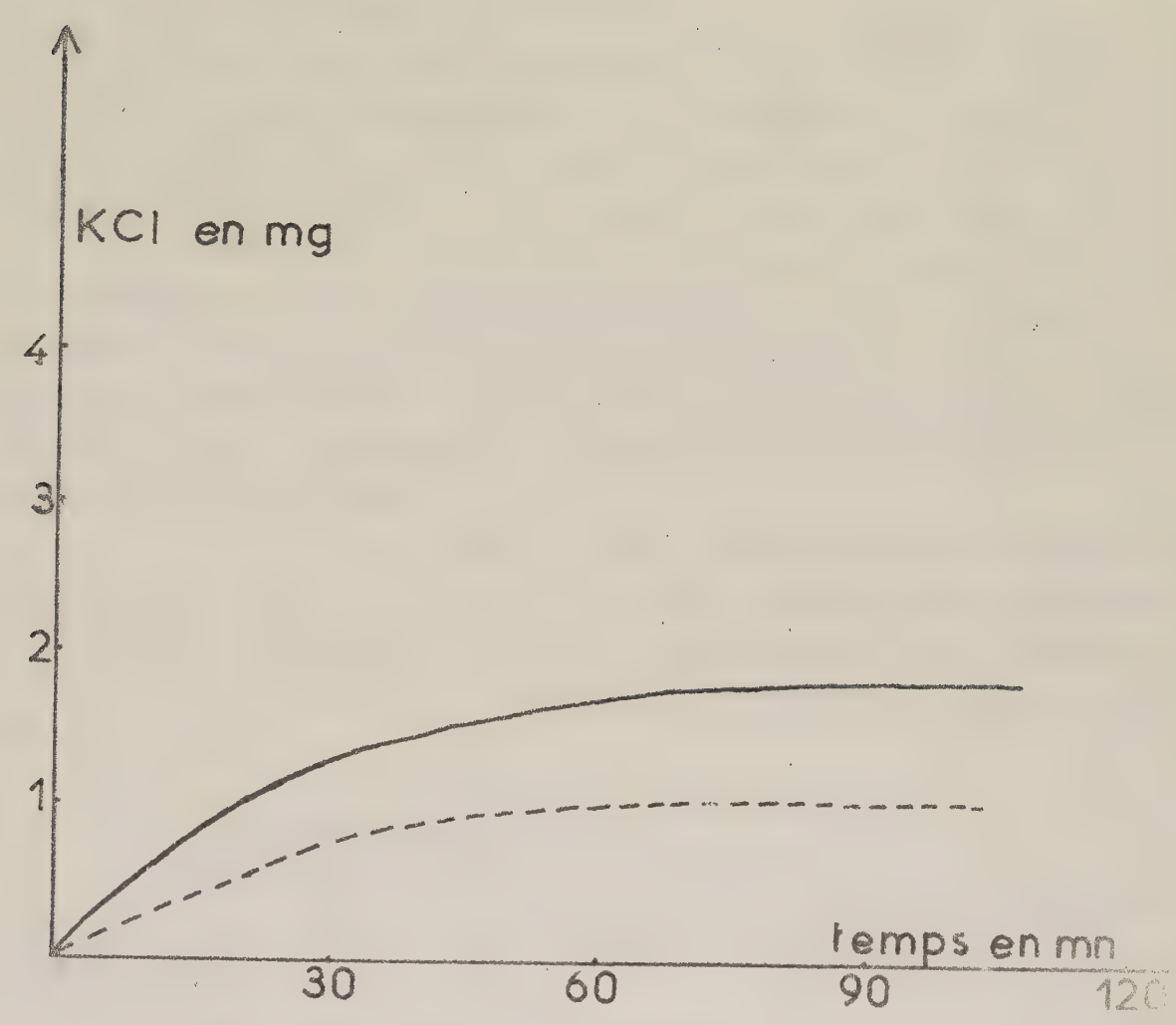


Figure 9 - Elimination de KCl en fonction du temps :
——— pour une tanche originaire d'un volume d'une dizaine de litres
----- pour une tanche originaire d'un volume de 800 litres.

ELIMINATION DE NaCl

En suivant les mêmes procédés dans l'étude de l'élimination de NaCl, nous avons pu conclure que :

1°) L'élimination de NaCl est plus faible pour les poissons provenant d'un grand aquarium (classe modale : 2,00 à 2,95 mg/30 mn, moyenne arithmétique : 2,35 mg/30 mn que pour les poissons provenant d'un faible volume d'eau (classe modale : 2,50 à 3,45 mg/30 mn, moyenne arithmétique : 3,275 mg/30 mn).

2°) Après 100 minutes dans l'eau distillée, il y a peu de différence dans l'élimination de NaCl, selon l'origine de l'animal (poissons provenant d'un grand volume : classe modale comprise entre 4,00 et 5,45 mg/30 mn ; poissons provenant d'un faible volume : valeurs de la classe modale comprises entre 4,50 et 5,45 mg/30 mn).

3°) Il est à prévoir que, pour des durées d'expérimentation plus importantes, la valeur des éliminations que présentent les poissons provenant d'un grand volume d'eau dépassera celles des éliminations de poissons provenant d'un faible volume (fig. 6).

II - POIDS DE L'ANIMAL

Nous nous sommes demandés si le poids du poisson pouvait avoir une influence sur l'élimination de NaCl d'une part, et de KCl d'autre part.

Nous avons étudié les poissons dans les mêmes conditions expérimentales, provenant tous d'un volume d'une dizaine de litres, et pendant 30 minutes dans 2 litres d'eau distillée.

Résultats

Ils sont consignés dans le tableau suivant :

Date de l'expérience	Poids de l'animal en grammes	NaCl en mg/30 mn	KCl en mg/30 mn
7.1.66	70	1,40	0,80
6.1.66	80	3,60	1,00
10.1.66	87	1,50	0,75
7.1.66	90	2,10	1,00
10.1.66	92	2,70	0,45
7.1.66	97	3;30	1,20
10.7.66	101	2,00	0,50
7.1.66	107	3,00	1,80
6.1.66	109	7,10	2,10
7.1.66	110	3,60	1,90
7.1.66	111	8,30	2,00
6.1.66	112	5,90	1,20
14.1.65	113	3,30	0,80
14.1.65	127	5,95	2,00
28.1.65	155	1,85	0,85
9.2.65	155	3,80	1,20
9.2.65	175	4,10	1,35
14.1.65	181	2,70	1,10
9.2.65	181	2,90	0,95
28.1.65	219	2,70	1,45

Tableau VI : Rôle du poids dans l'excrétion saline.

Nous avons ensuite, grâce à ces résultats, construit deux graphiques bidimensionnels : l'un représente le nombre de mg de KCl éliminés en 30 mn (porté en ordonnée) fig. 10, l'autre le nombre de mg de NaCl éliminés/30 mn, en fonction du poids (porté en abscisse), figure 11.

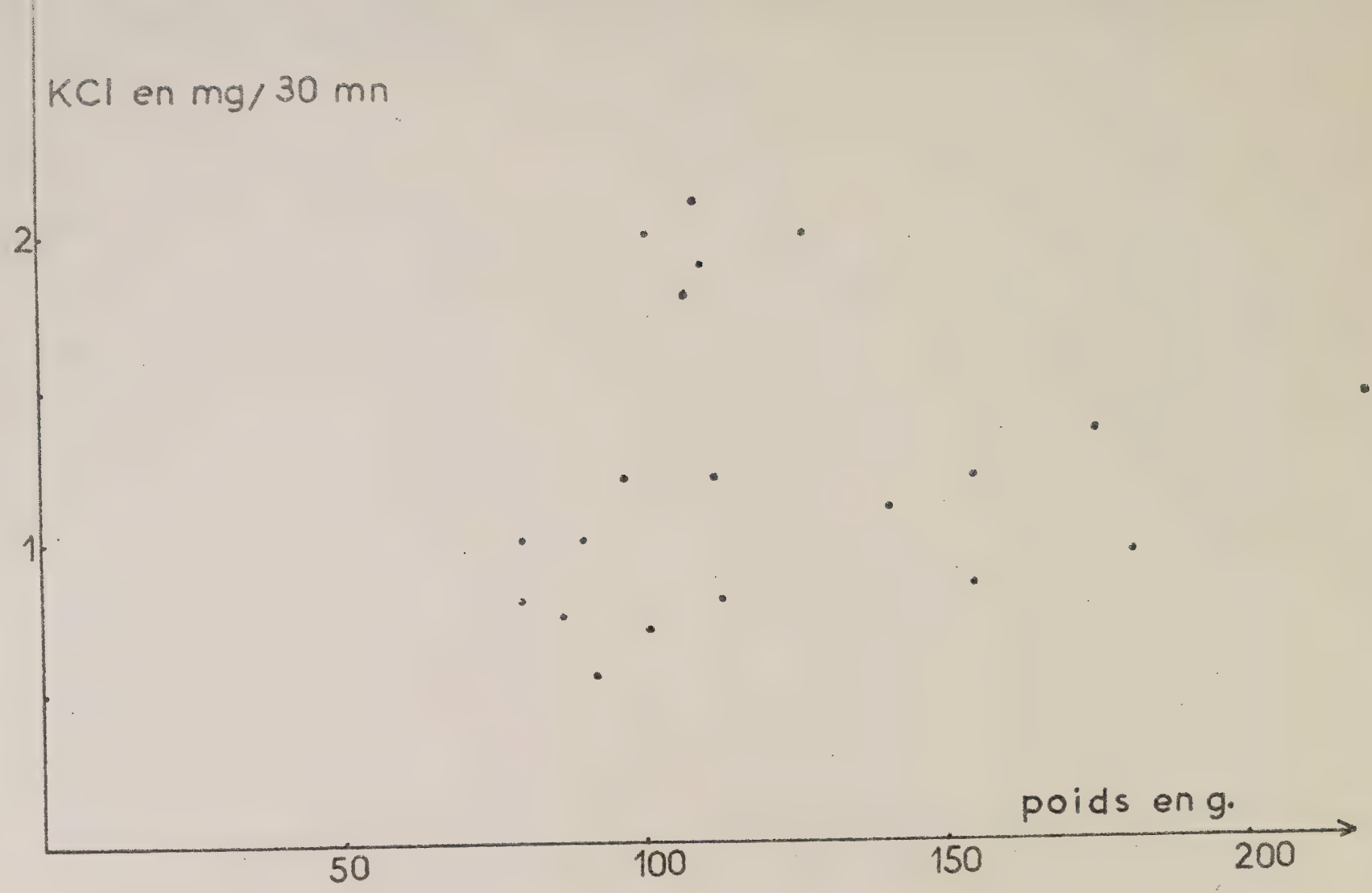


Figure 10 - Graphique bidimensionnel représentant le nombre de mg de KCl éliminé par la Tanche en fonction de son poids

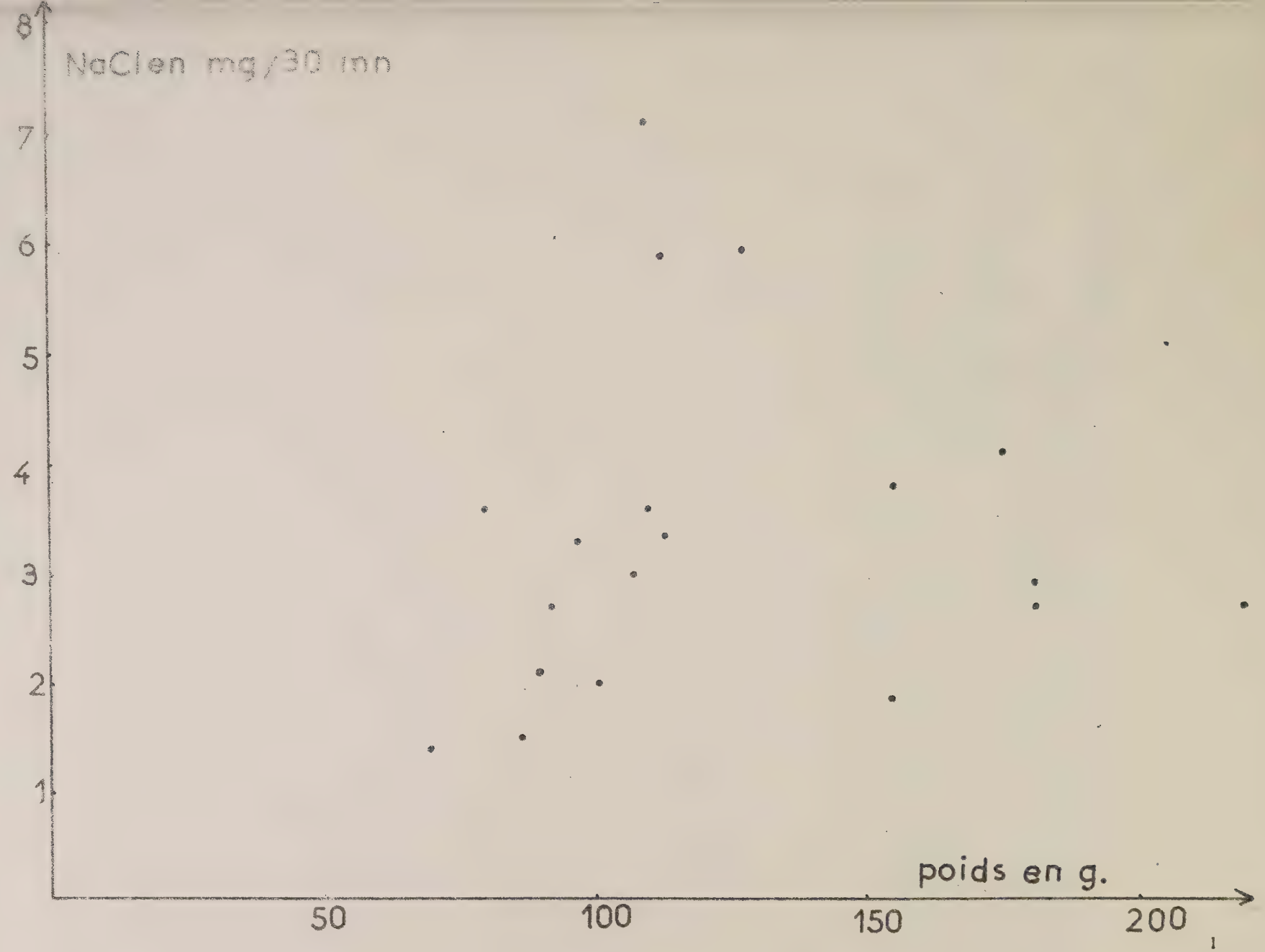


Figure 11 - Graphique bidimensionnel représentant le nombre de mg de NaCl éliminé par la Tanche en fonction de son poids.

Conclusion

D'après les graphiques obtenus, nous n'avons pu établir aucune relation entre l'élimination de NaCl, ou celle de KCl, et le poids de l'animal.

Le poids de la Tanche n'a donc pas d'influence sur son excrétion saline, La surface des branchies et le nombre de néphrons glomérulaires du rein jouent un rôle primordial.

CHAPITRE III

CORRELATION ENTRE LES ELIMINATIONS DE K^+ ET DE Na^+

Nous avons tenu compte, dans les expériences suivantes, des résultats précédemment acquis, tant en ce qui concerne l'influence du volume d'origine de l'animal, qu'en ce qui concerne l'influence du poids et de la couleur du tégument.

Nous avons essayé de voir s'il existait une corrélation entre l'élimination de Na^+ et celle de K^+, ou si les deux éliminations étaient indépendantes l'une de l'autre.

Pour ce faire, nous avons étudié les éliminations de NaCl et de KCl que présentent des poissons placés dans les mêmes conditions expérimentales. Les résultats sont exprimés en mg de NaCl éliminés en 30 minutes et en mEq de Na^+ et de K^+ éliminés également en 30 minutes.

1°) Les Tanches sont originaires d'un volume d'une dizaine de litres.

Les résultats sont consignés dans le Tableau VIII

Date de l'expérience	NaCl en mg/30	Na^+ en mEq/30 mn	KCl en mg/30 mn	K^+ en mEq/30 mn
23.11.65	0,80	0,01368	0,60	0,00804
24.11.65	1,00	0,01710	1,10	0,01475
23.11.65	1,20	0,02053	0,90	0,01207
24.11.65	1,40	0,02395	1,00	0,01341
23.11.65	1,40	0,02395	0,40	0,00536
7. 1.66	1,40	0,02395	0,80	0,01073
10. 1.66	1,50	0,02566	0,75	0,01006
28. 1.65	1,85	0,03165	0,85	0,01140
10. 1.66	2,00	0,03421	0,50	0,00670
27.11.65	2,00	0,03421	1,60	0,02146
7. 1.66	2,10	0,03592	1,00	0,01341
24.11.65	2,10	0,03592	0,70	0,00939
24.11.65	2,20	0,03764	0,90	0,01207
20.12.65	2,20	0,03764	1,00	0,01341
27.11.65	2,30	0,03935	0,80	0,01073
23.11.65	2,40	0,04106	0,80	0,01073
23.11.65	2,40	0,04106	0,80	0,01073
20.12.65	2,50	0,04277	1,30	0,01743
23.11.65	2,60	0,04448	1,40	0,01878
14. 1.65	2,70	0,04619	1,10	0,01475
28. 1.65	2,70	0,04619	1,45	0,01945
10. 1.65	2,70	0,04619	0,45	0,00603
9. 2.65	2,90	0,04961	0,95	0,01274
7. 1.66	3,00	0,05132	1,80	0,02414

Suite du tableau

14. 1.65	3,30	0,05645	0,80	0,01073
7. 1.66	3,30	0,05645	1,20	0,01609
6. 1.66	3,60	0,06159	1,00	0,01341
7. 1.66	3,60	0,06159	1,90	0,02548
9. 2.65	3,80	0,06501	1,20	0,01609
23.11.65	3,90	0,06672	1,60	0,02146
23.11.65	4,00	0,06843	1,20	0,01609
9. 2.65	4,10	0,07014	1,35	0,01810
6. 1.66	4,90	0,10094	1,20	0,01609
14. 1.65	5;95	0,10179	2,00	0,02682
6. 1.66	7,10	0,12147	2,10	0,02817
20.12.65	7;40	0,12660	2,00	0,02682
7. 1.66	8;30	0,14200	2,00	0,02682

Tableau VIII - Corrélation entre les éliminations de Na^+ et de K^+

Nous avons, avec les chiffres de ce Tableau, construit un graphique bidimensionnel, en portant en ordonnée l'elimination de K^+ en mEq/30 mn, et en abscisse, l'élimination de Na^+ en mEq/30 mn.

Le diagramme obtenu (fig. 12) nous permet de conclure que pour des valeurs normales, les éliminations de Na^+ et de K^+ en mEq ne sont pas indépendantes. Le nuage de points obtenu nous permet de tracer une droite passant par l'origine dont l'équation est de la forme : $y = ax$, dans laquelle $a = 0,34$.

La droite de régression a pour équation :

$$y = 0,34\ x$$

y étant le nombre de mEq de K^+ éliminés / 30 mn
et x le nombre de mEq de Na^+ éliminés / 30 mn.

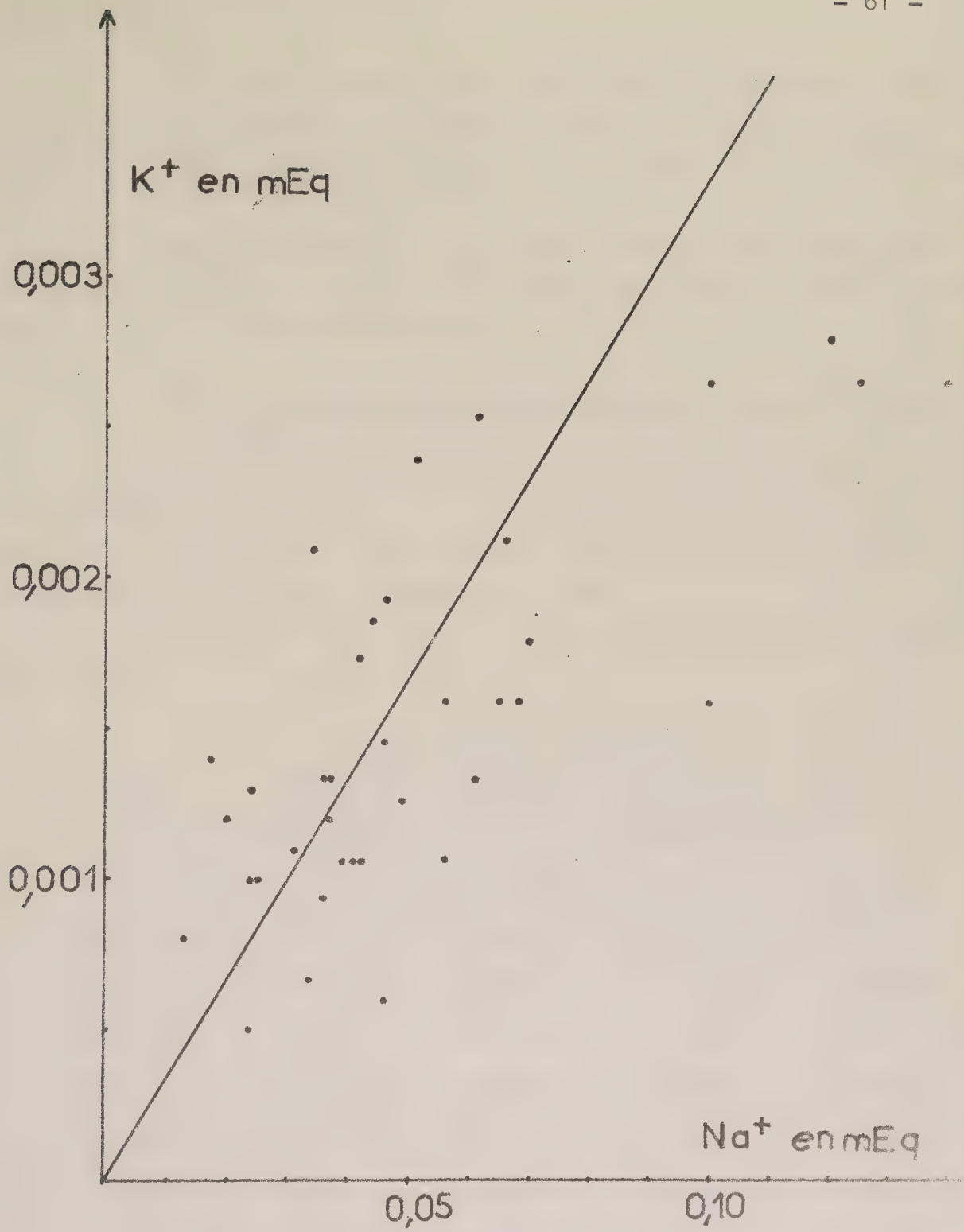


Figure 12 - Corrélation entre les éliminations de Na^+ et de K^+, que présentent les tanches originaires d'un faible volume d'eau.

Conclusion

Nous avons remarqué que, pour des éliminations de Na^+ nettement supérieures à la normale (au-delà de 0,10 mEq), les valeurs trouvées en ce qui concerne les éliminations de K^+ ne suivent pas la droite de régression $y = 0,34\ x$

Les eliminations de Na^+ présentent en effet une plus grande dispersion (0,0136 à 0,142 mEq/30 mn) que les éliminations de K^+ (0,005 à 0,028 mEq/30 mn).

2°) Les Tanches sont originaires d'un volume de 800 litres.

Il nous a paru intéressant, après avoir étudié le rapport $K^+/Na^+ = 0,34$, pour les poissons originaires d'un faible volume d'eau, d'étudier ce même rapport pour les poissons originaires d'un volume relativement important d'eau.

Dans ce dernier cas, les éliminations de NaCl et de KCl ont les valeurs suivantes :

Date de l'expérience	NaCl en mg/30 mn	Na^+ en mEq/30 mn	KCl en mg/30 mn	K^+ en mEq/30 mn
29.1.65	1,45	0,02480	0,50	0,00670
29.1.65	1;90	0,03250	0,55	0,00735
11.2.65	2,10	0,03592	0,65	0,00871
29.1.65	2,20	0,03764	1,00	0,01341
29.1.65	2,20	0,03764	0,65	0,00871
11.2.65	2,20	0,03764	0,60	0,00804
11.2.65	2,30	0,03935	0,50	0,00670
11.2.65	3,10	0,05303	0,85	0,01140

Tableau IX - Corrélation entre les éliminations de Na^+ et de K^+

La droite de régression, (fig. 13) construite de la même façon que précédemment, passe par l'origine et a pour équation :

$$y = 0,235\ x$$

Conclusion

Après 30 minutes d'expérimentation, le rapport $\frac{\text{élimination de } K^+}{\text{élimination de } Na^+}$ en mEq a comme valeur :

0,34 pour les poissons en provenance d'une dizaine de litres,
0,235 pour les poissons en provenance de 800 litres d'eau.
Autrement dit, pour une élimination totale de Na^+ de 100 mEq, l'élimination de K^+ est de 34 mEq, pour les poissons originaires d'une dizaine de litres d'eau,

et de 23,5mEq pour les poissons originaires de 800 litres d'eau.

Nous savons que la composition ionique du milieu intérieur est respectivement, de 53 mEq/l de Na^+
et de 2,1mEq/l de K^+

Nous observons donc une élimination importante de K^+ par rapport à l'élimination de Na^+. D'autre part, l'élimination de K^+ est relativement plus importante pour les poissons provenant de faibles volumes, que pour les poissons provenant de grands volumes d'eau. On peut supposer que le confinement du poisson dans un petit espace a une influence sur son élimination de K^+.

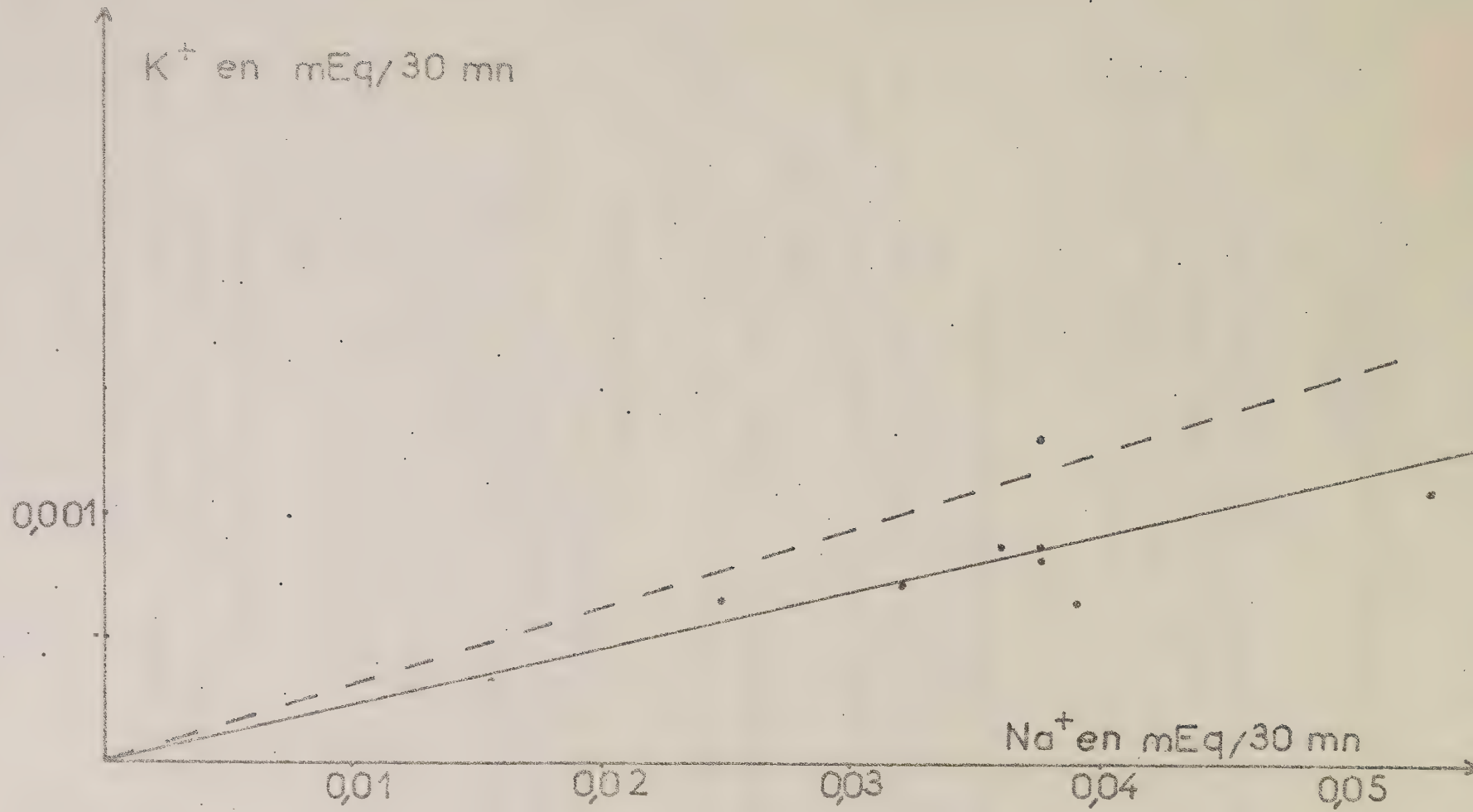


Figure 13 - Corrélation entre les éliminations de Na^+ et de K^+:

- - - - poissons originaires d'un faible volume d'eau

——— poissons originaires d'un grand volume d'eau

B) ETUDE SEPAREE DES EXCRETIONS SALINES BRANCHIALE ET URINAIRE

Nous avons étudié jusqu'à présent l'excrétion saline totale de la Tanche placée dans l'eau distillée. Il est primordial de connaître les rôles respectifs des principaux organes excréteurs, à savoir la branchie et le rein.

CHAPITRE I

ETUDE DE L'EXCRETION SALINE URINAIRE

Dans une première partie, nous avons étudié le rôle des reins dans l'élimination, en recueillant directement l'urine écoulée, selon la technique indiquée précédemment.

RESULTATS

Nous avons recueilli l'urine pendant 46 heures d'expérimentation, chez quatre tanches d'un poids moyen d'environ 100 grammes.

1) Volume d'urine écoulée

Le chiffre moyen obtenu est 51,25 ml d'urine en 46 heures. Ce résultat, exprimé en ml/kg/jour, est 267 ml/kg/jour, ce qui, pour un homme de 70 kg, équivaudrait à une élimination quotidienne de 18,690 litres d'urine.

Ce résultat obtenu est conforme à ce que nous savons des Téléostéens d'eau douce, constamment envahis par un courant d'eau, et dont l'hydratation est compensée par l'excrétion d'une urine abondante.

2) Composition ionique de l'urine

Les sels (NaCl et KCl) de l'urine sont dosés au photomètre de flamme, et, en prenant la moyenne des résultats, nous obtenons les valeurs suivantes :

1) exprimées en mg/litre :

NaCl	KCl	Na^+	K^+
1845 mg/l	282,5	725,0	148,1

2) exprimées en milliéquivalents/litre :

Na^+	K^+
31,5 mEq/l	6,44 mEq/l

De ces chiffres, nous pouvons conclure qu'en une heure, dans un bac de 10 litres d'eau normale, la Tanche élimine 1,11 ml d'urine, contenant : 2,047 mg de NaCl
0,313 mg de KCl

CHAPITRE II

ETUDE SEPAREE DES ELIMINATIONS BRANCHIALE ET URINAIRE

Nous avons étudié des Tanches placées dans l'eau distillée, dans un aquarium à deux compartiments. Chacun de ces compartiments avait une contenance de 0,5 litres. Par photométrie de flamme, au cours de la même expérience et séparément, nous avons pu suivre simultanément et l'excrétion saline branchiale, et l'excrétion saline urinaire.

Dans une première partie, nous avons déterminé sur des Tanches en provenance d'une dizaine de litres d'eau normale du robinet, en étudiant pendant 30 minutes :

1) l'élimination de NaCl branchial, l'élimination de NaCl urinaire, et le rapport entre les deux éliminations.

2) l'élimination branchiale de KCl, l'élimination urinaire de KCl et le rapport entre les deux éliminations.

3) le rapport entre les éliminations de KCl et les éliminations de NaCl, d'une part, côté branchial, d'autre part, côté urinaire.

Dans une seconde partie, nous avons suivi l'élimination de NaCl dans le temps, en étudiant la quantité de NaCl éliminé après 30 minutes par rapport au NaCl éliminé après 100 minutes d'expérience cela en fonction du volume offert à l'animal avant expérimentation, soit dans le compartiment branchial, soit dans le compartiment urinaire.

ETUDE DE L'ELIMINATION BRANCHIALE ET URINAIRE DE NaCl

Les expériences, réalisées à la fin du printemps 1966, ont donné les résultats suivants :

Date de l'expérience	NaCl en mg/30 mn Branc.	Urin.	Total	Na^+ en mEq/30 mn Branc.	Urin.	Total	Branc. Total
20.4	0,450	0,125	0,575	0,00769	0,00213	0,00982	78 %
28.4.	0,225	0,125	0,350	0,00385	0,00213	0,00598	64 %
5.5.	0,400	0,300	0,700	0,00684	0,00513	0,01197	57 %
9.5.	0,625	0,525	1,150	0,01069	0,00898	0,01967	54 %
11.5.	0,650	0,575	1,225	0,01112	0,00983	0,02095	53 %
12.5.	0,525	0,700	1,225	0,00898	0,01197	0,02095	43 %
13.5.	0,300	0,800	1,100	0,00513	0,01368	0,01881	27 %
13.5.	0,525	0,475	1,000	0,00898	0,00812	0,01710	50 %
20.5.	0,850	0,550	1,400	0,00454	0,00940	0,02395	60 %
31.5.	0,550	0,550	1,100	0,00940	0,00940	0,01880	50 %
3.6.	0,650	0,400	1,050	0,01112	0,00684	0,01796	62 %
10.6.	0,900	0,750	1,650	0,01539	0,01283	0,02822	54 %
Moyenne	0,55	0,49	1,04	0,00947	0,00837	0,01784	53 %

Tableau X : Eliminations branchiales et urinaires de NaCl

L'élimination branchiale de NaCl par la Tanche est toujours, (mises à part deux expériences) légèrement supérieure à l'élimination urinaire, après 30 minutes dans l'eau distillée ; la moyenne arithmétique est respectivement, pour les deux éliminations, 0,55 mg/30 mn/ animal, et 0,49 mg/ 30 mn.

La corrélation entre les deux éliminations s'établit en construisant un graphique bidimensionnel, en portant en ordonnée NaCl urinaire en mg/30 mn, et en abscisse, NaCl branchial en mg/30 mn.

La droite de régression, construite à partir du nuage de points obtenus, ne passe pas par l'origine et est de la forme : $y = ax + b$; dans le cas présent,

$$y = 0,95\ x - 0,10$$

où y est le nombre de mg de NaCl éliminé en 30 mn par les branchies
et x le nombre de mg de NaCl éliminé en 30 mn par voie urinaire

Ce résultat est obtenu en ne tenant pas compte des 2 cas précédemment cités où l'élimination urinaire de NaCl s'avère supérieure à l'élimination branchiale (fig. 14).

ETUDE DES ELIMINATIONS BRANCHIALE ET URINAIRE DE KCl

Les résultats de nos expériences sont consignés dans le tableau suivant ;

Date de l'expérience	KCl en mg			KCl en mEq/30 mn			Branch. Total
	Branc.	Urin.	Total	Branc.	Urin.	Total	
2.5.	0,450	0,250	0,700	0,00603	0,00335	0,00938	64 %
3.5.	0,350	0,100	0,450	0,00409	0,00134	0,00603	78 %
6.5.	0,550	0,100	0,650	0,00737	0,00134	0,00871	84,5%
9.5.	0,400	0,150	0,550	0,00536	0,00201	0,00737	73 %
12.5.	0,400	0,225	0,625	0,00536	0,00301	0,00837	64 %
13.5.	0,275	0,100	0,375	0,00368	0,00134	0,00502	75 %
20.5.	0,475	0,200	0,675	0,00637	0,00268	0,00905	70 %
31.5.	0,300	0,150	0,450	0,00402	0,00201	0,00603	66,5 %
3.6.	0,350	0,100	0,450	0,00469	0,00134	0,00603	78,5 %
10.6.	0,550	0,450	1,000	0,00737	0,00603	0,01340	55 %
Moyenne	0,40	0,18	0,58	0,00539	0,00240	0,0779	69,11%

Tableau XI - Eliminations branchiale et urinaire de KCl

Nous remarquons que l'élimination branchiale de KCl est nettement supérieure à l'élimination urinaire. De plus, la moyenne arithmétique des résultats obtenus est 0,40 mg/30 mn en ce qui concerne le KCl branchial, et 0,18 mg/30 mn pour le KCl urinaire ; et d'autre part, le rapport KCl branchial/KCl total dépasse largement 50 %.

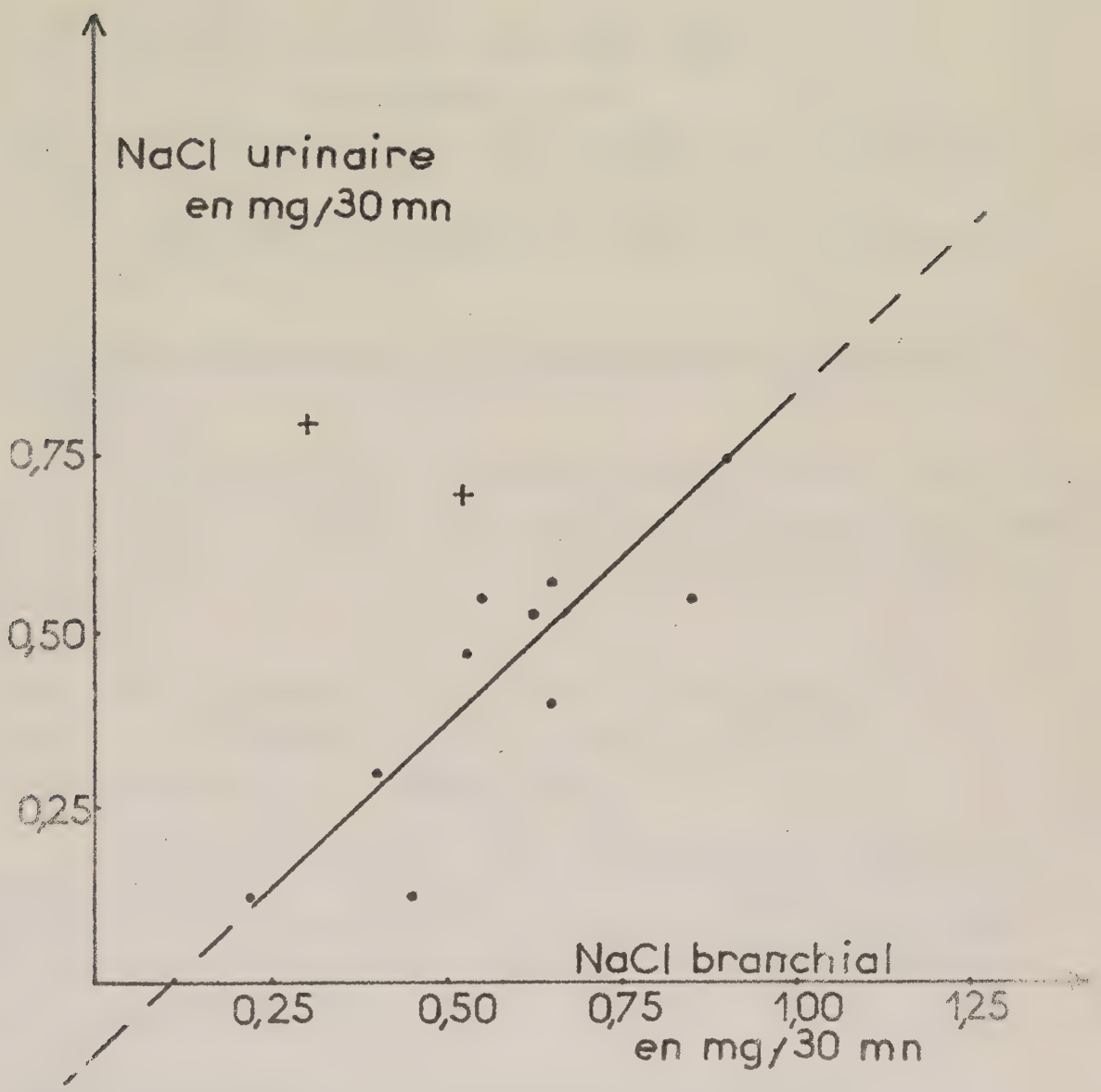


Figure 14 - Corrélation entre les élimina-
tions de NaCl branchial et urinaire.

Nous avons comme précédemment construit un graphique bidimensionnel, en portant en ordonnée KCl urinaire en mg/30 mn et en abscisse, KCl branchial en mg/30 mn.

La droite de régression a comme équation :

$$y = 0,66\ x - 0,078$$

où y est le nombre de mg de KCl éliminé par voie urinaire en 30 mn,
et x le nombre de mg de KCl éliminé par voie branchiale en 30 mn. (fig. 15).

ETUDE DE L'ELIMINATION DE K^+ EN FONCTION DE L'ELIMINATION DE Na^+

Nous avons étudié la corrélation qui existe entre l'élimination totale de K^+ et l'élimination totale de Na^+, pour les poissons originaires d'un volume de 10 litres, et nous avons construit une droite de régression :

$$y = 0,34\ x$$

où y est l'élimination totale de K^+ en mEq/30 mn
et x, l'élimination totale de Na^+ en mEq/30 mn.
(voir 1ère partie, A, chapître III).

Dans le cas présent, nous étudions la corrélation entre les éliminations branchiale d'une part et urinaire d'autre part, de Na^+ et celles de K^+ que présentent les poissons placés dans les mêmes conditions expérimentales (de température....), et originaires d'un volume d'une dizaine de litres.

ETUDE DE L'ELIMINATION BRANCHIALE DE Na^+ et DE K^+

Les résultats sont consignés dans le Tableau suivant :

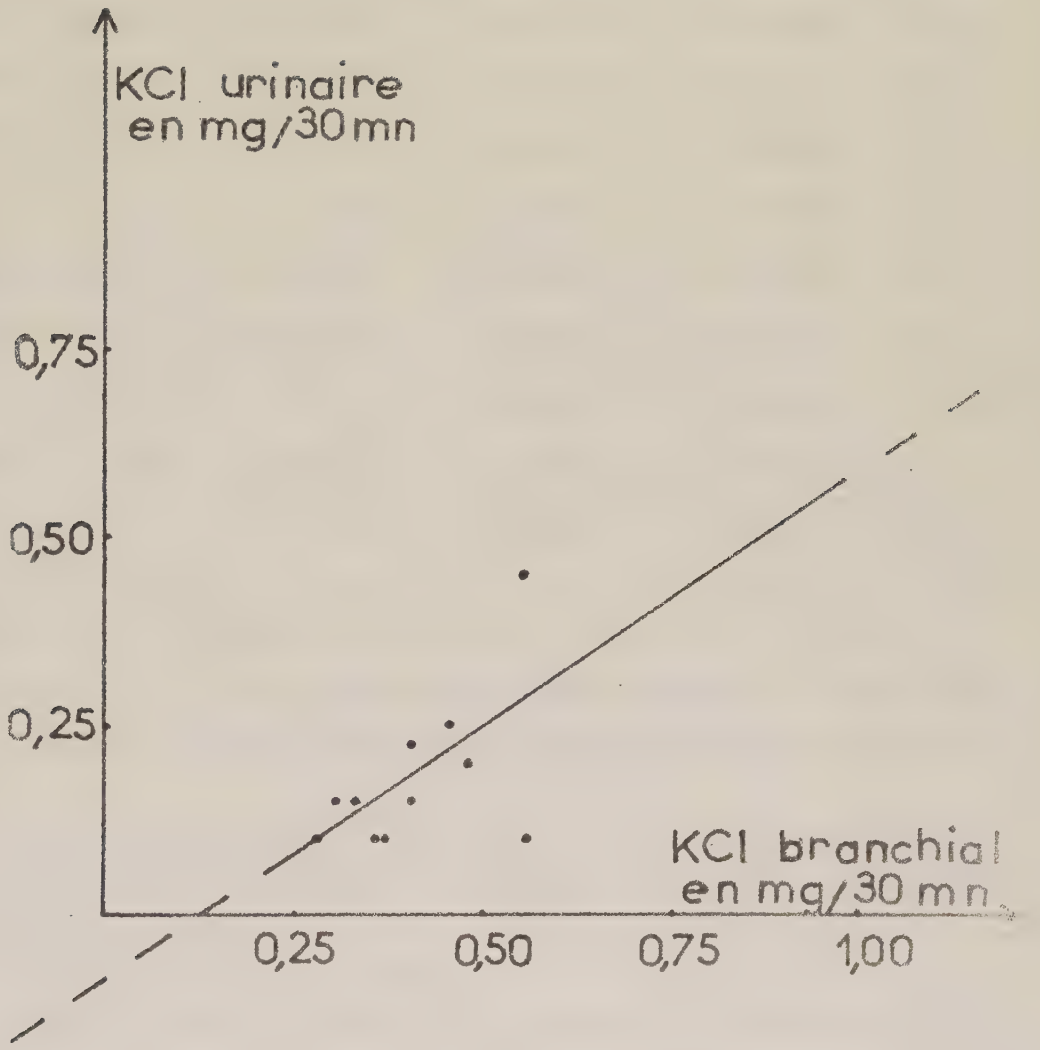


Figure 15 - Corrélation entre les éliminations branchial et urinaire de KCl

Date de l'expérience	NaCl en mg/30 mn	KCl en mg/30 mn	Na^+ en mEq/30 mn	K^+ en mEq/30 mn	$Na^+ + K^+$ en mEq	$\frac{Na^+}{Na^+ + K^+}$
9.5.66	0,625	0,400	0,01069	0,00536	0,01605	66,6 %
12.5.66	0,525	0,400	0,00898	0,00536	0,01434	62,6 %
13.5.66	0,300	0,275	0,00513	0,00368	0,00881	58,2 %
13.5.66	0,525	0,325	0,00898	0,00436	0,01334	67,3 %
20.5.66	0,850	0,475	0,01454	0,00637	0,02091	69,5 %
31.5.66	0,550	0,300	0,00941	0,00402	0,01343	70 %
3.6.66	0,650	0,350	0,01112	0,00469	0,01581	70,3 %
10.6.66	0,900	0,550	0,01539	0,00737	0,02276	67,6 %
Moyenne			0,01137	0,00517	0,01654	68,7 %

Tableau XIII -- Etude de l'élimination branchiale de Na^+ et de K^+

La moyenne arithmétique des résultats précédents nous donne 0,01137 mEq de Na^+ et 0,00517 mEq de K^+ éliminés par les branchies en 30 mn.

L'étude de l'élimination branchiale de K^+ en fonction de l'élimination branchiale de Na^+ nous permet de tracer une droite de régression (fig. 16), ayant pour équation :

$$y = 0,48\ x$$

dans laquelle y est le nombre de mEq de K^+ branchial éliminé en 30 mn
et x le nombre de mEq de Na^+ branchial éliminé en 30 mn.

Autrement dit, le rapport :

$$\frac{K^+ \text{ branchial éliminé}}{Na^+ \text{ branchial éliminé}} = 0,48$$

ETUDE DE L'ELIMINATION URINAIRE DE Na^+ et de K^+

Les résultats obtenus sont les suivants :

Date de l'expérience	NaCl en mg/30 mn	KCl en mg/30 mn	Na^+ en mEq/30 mn	K^+ en mEq/30 mn	$Na^+ + K^+$ en mEq	$\frac{Na^+}{Na^+ + K^+}$
9.5.66	0,525	0,150	0,00898	0,00201	0,01099	81,7 %
12.5.66	0,700	0,225	0,01197	0,00301	0,01498	79,9 %
13.5.66	0,800	0,100	0,01368	0,00134	0,01502	87,2 %
13.5.66	0,475	0,150	0,00812	0,00201	0,01013	80,1 %
20.5.66	0,550	0,260	0,00941	0,00268	0,01205	77,4 %
31.5.66	0,550	0,150	0,00741	0,00201	0,01142	82,4 %
3.6.66	0,400	0,100	0,00684	0,00134	0,00818	83,6 %
10.6.66	0,750	0,450	0,01283	0,00603	0,01886	68 %
Moyenne			0,01015	0,00253	0,01268	80 %

Tableau XIII - Etude de l'élimination urinaire de Na^+ et de K^+

La moyenne arithmétique est 0,01015 mEq de Na^+ et 0,00253 mEq de K^+ éliminés par voie urinaire en 30 mn.

La droite de régression obtenue suivant le même procédé que précédemment a pour équation :

$$y = 0,24\ x$$

dans laquelle y est le nombre de mEq de K^+

et x le nombre de mEq de Na^+ éliminés en 30 mn par voie urinaire. (fig. 16).

Dans le cas présent de l'élimination par voie urinaire, le rapport K^+/Na^+ est donc égal à 0,24.

CONCLUSION.

Si l'élimination branchiale de Na^+ a pour valeur 100 mEq l'élimination de K^+ est de 48 mEq.

Si l'élimination urinaire de Na^+ est de 100 mEq, celle de K^+ est de 24 mEq.

L'élimination branchiale en Na^+ de la Tanche étudiée 30 mn dans l'eau distillée, est de plus légèrement supérieure à l'élimination rénale :

$$Na^+ \text{ branchial}/Na^+ \text{ total} = 53\ \%$$

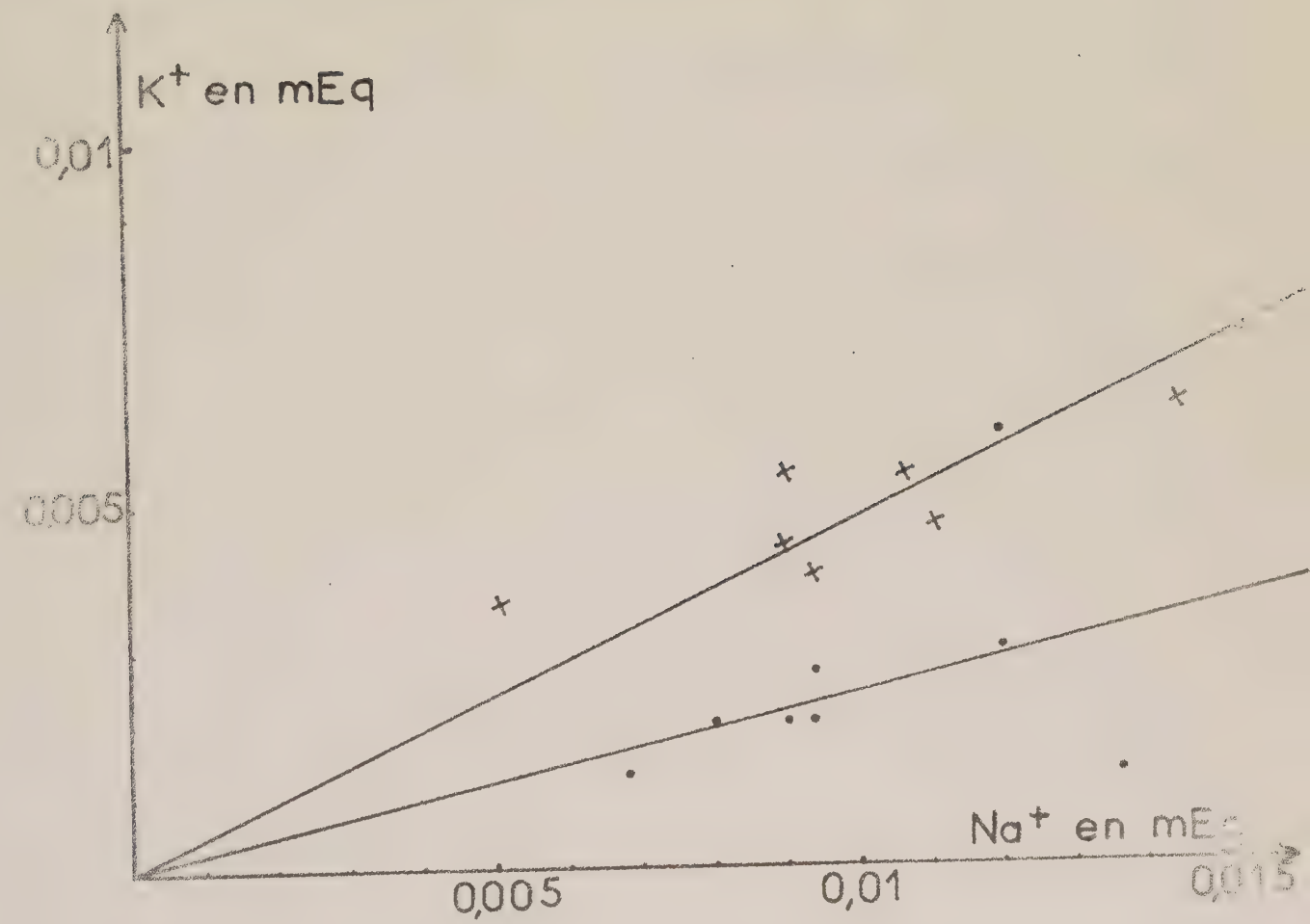


Figure 16 - Etude de l'élimination de K^+ en fonction de Na^+ : × , côté branchial
. , côté urinaire.

Nos résultats sont cohérents, qui montrent une éliminati.. branchiale de K^+ nettement supérieure à l'élimination rénale :

$$K^+ \text{ branchial}/K^+ \text{ total} = 69\ \%$$

Les chiffres qui précèdent confirment un fait que nous avons déjà mentionné : l'élimination de K^+ est relativement plus importante que celle de Na^+.

Nous observons de plus que le K^+ est éliminé de façon préférentielle par les branchies.

CHAPITRE III

ROLE DU VOLUME D'EAU OFFERT A L'ANIMAL AVANT EXPERIMENTATION SUR L'ELIMINATION ULTERIEURE DE NaCl ET DE KCl DANS L'EAU DISTILLEE.

ETUDE DE L'ELIMINATION DE NaCl

Nous avons étudié le rapport :

$$\frac{\text{NaCl éliminé / 30 mn}}{\text{NaCl éliminé /100 mn}}$$

côté branchial et côté urinaire, selon le volume d'eau dont était originaire l'animal.

Résultats

1) Tanches originaires d'un volume de 800 litres d'eau :

Date de l'expérience	NaCl branchial			NaCl urinaire		
	mg/30mn	mg/30mn	Taux d'élim. en 30mn	mg/30mn	mg/100m	Taux d'élim. en 30 mn.
7.XI.1966	1,750	4,550	38,4%	0,925	2,300	40,2 %
9.XI.1966	1,250	3,650	34,2%	0,525	1,225	42,8 %

2) Tanches originaires d'un volume d'une dizaine de litres d'eau :

Date de l'expérience	NaCl branchial			NaCl urinaire		
	mg/30mn	mg/100 mn	Taux d'élim. en30 mn	mg/30mn	mg/100 mn	Taux d'élim. en 30 mn
IV.1966	0,425	0,900	47,2%	0,350	0,550	63,6 %
5.VI.1966	0,675	1,325	50,8%	0,400	0,625	64 %

L'examen de ces chiffres montre que :

Dans le cas de Tanches provenant d'aquarium de 800 l. l'élimination branchiale, en 30 minutes représente sensiblement les 36,3 % de l'élimination de 100 minutes. Autrement dit, l'élimination branchiale est presque linéaire en fonction du temps.

Dans le cas de Tanches préalablement confinées dans des bacs de 10 litres, l'élimination saline de 30 minutes représente les 49 % de l'élimination de 100 minutes. Autrement dit, l'élimination branchiale des sels est fortement inhibée au bout de 100 minutes d'immersion de l'animal.

En ce qui concerne l'élimination urinaire, les observations sont tout à fait parallèles.

Alors que chez l'animal initialement confiné, la proportion de sels éliminés en 30 mn représente déjà les 63,8 % de l'élimination de 100 mn, chez l'animal provenant de grands espaces, la quantité éliminée en 30 mn ne représente plus que les 41,5 %.

Il est à noter dans les deux cas que l'inhibition de l'élimination urinaire est plus importante que celle de l'élimination branchiale (fig. 17).

ETUDE DE L'ELIMINATION DE KCl

Nous avons procédé de la même façon pour l'étude de l'élimination de KCl et noté que, quelque soit le volume offert à l'animal avant expérimentation, et quelque soit le type d'élimination, branchiale ou urinaire, la proportion de sels éliminés en 30 minutes représente les 66 % de l'élimination de 100 minutes. (fig. 18).

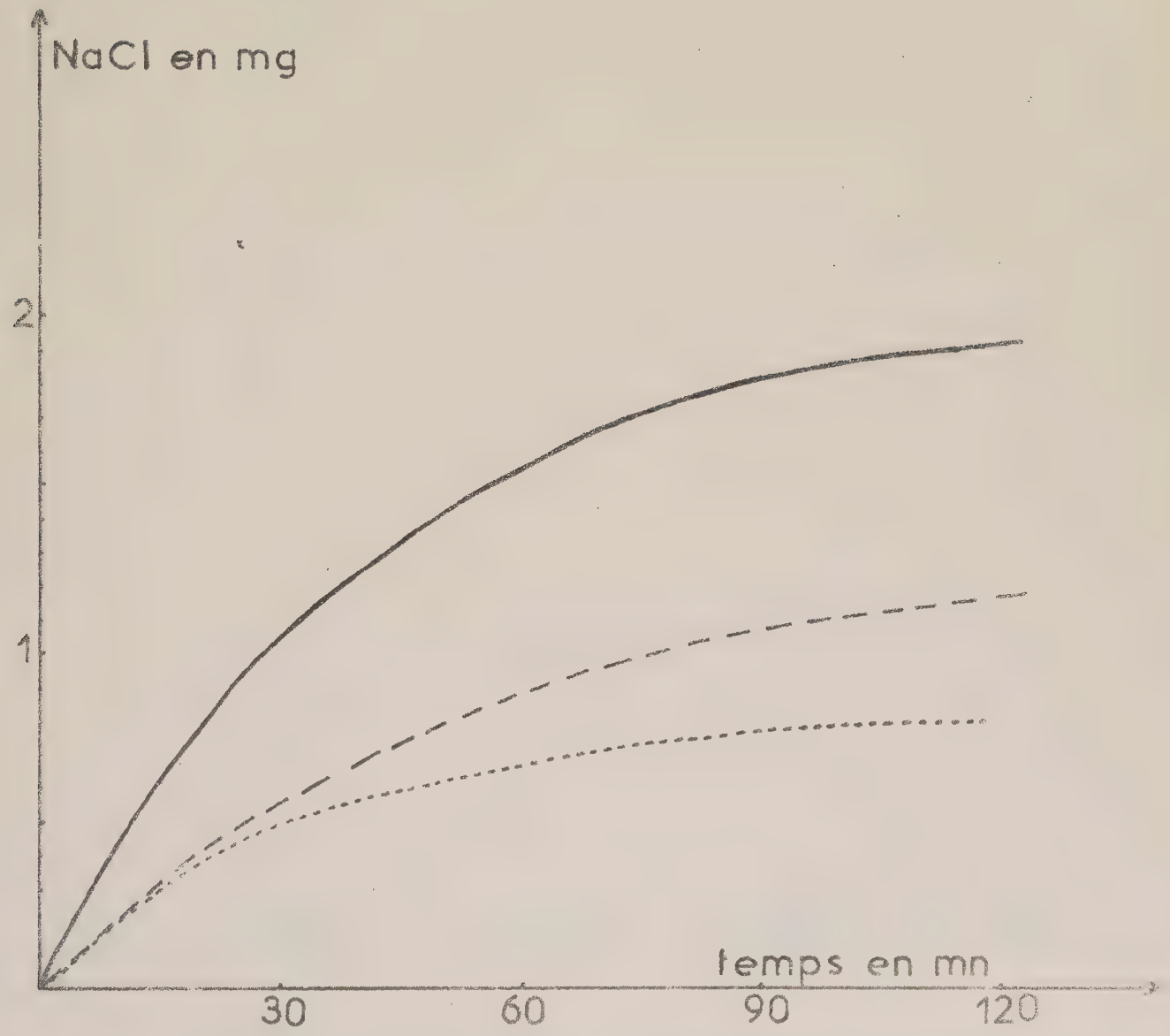


Figure 17 - Evolution de l'élimination de NaCl que présente la Tanche en fonction du temps :

——— NaCl total

– – – NaCl branchial

----- NaCl urinaire

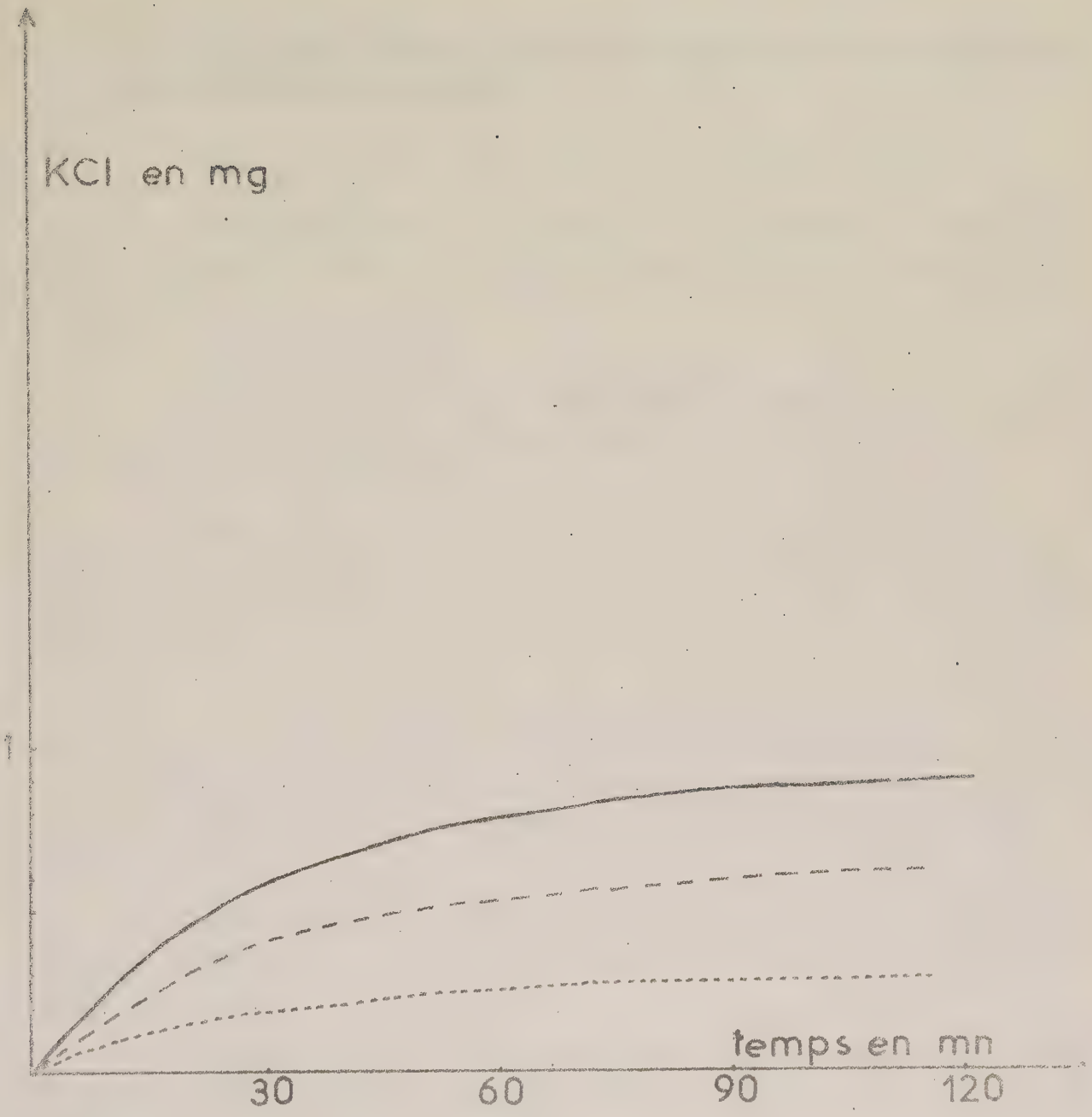


Figure 18 - Evolution de l'élimination de KCl que présente la Tanche en fonction du temps :

——— KCl total
– – – KCl branchial
----- KCl urinaire

C) ESSAI DE SYNTHESE DES RESULTATS OBTENUS EN SUIVANT LES DIFFERENTES METHODES

ROLE DU VOLUME OFFERT A L'ANIMAL PENDANT L'EXPERIMENTATION SUR L'ELIMINATION SALINE

Nous rappelons brièvement les résultats obtenus :

Dans un litre d'eau distillée, et pendant les 30 premières minutes d'étude, les éliminations en NaCl ont respectivement comme valeurs : 0,55 mg pour les branchies, 0,49 mg pour l'urine, au total 1,04 mg.

Dans 2 litres d'eau distillée, et pendant les 30 premières minutes d'expérimentation également, la Tanche éliminé au total, 3,375 mg de NaCl.

Nous constatons que l'élimination dans 2 litres d'eau distillée est nettement supérieure (environ 3 fois) à l'élimination dans un litre d'eau distillée, pendant le même temps d'expérimentation, et en ce qui concerne le NaCl.

En ce qui concerne le KCl, nous constatons de la même façon que l'élimination de la Tanche dans 2 litres d'eau distillée (1,24 mg pendant les 30 premières minutes) est nettement plus importante (environ le double) que son élimination dans un litre (0,58 mg).

Nous avons ensuite comparé entre eux les résultats des éliminations de la Tanche étudiée dans un volume de 2 litres et dans un volume de 10 litres.

Dans 2 litres d'eau distillée, les éliminations se stabilisent relativement rapidement, en particulier pour les poissons originaires d'un faible volume d'eau, ce qui est le cas présentement.

L'élimination, constante en fin d'expérience, a comme valeur :

0,854 mg/30 mn pour NaCl
0,266 mg/30 mn pour KCl

Ce qui en principe, en 46 h, correspond à une élimination totale de 78,568 mg de NaCl
de 24,472 mg de KCl

Une Tanche placée pendant 46 h dans 10 l d'eau normale élimine : 94,136 mg de NaCl
14,352 mg de KCl, rien que par voie urinaire.

Si les rapports entre les éliminations branchiales et urinaires, trouvés antérieurement sur la Tanche normale se retrouvent dans le cas présent, on peut estimer l'élimination branchiale à :

$$94{,}136 \times \frac{55}{49} = 105{,}664 \text{ mg de NaCl}$$

$$14{,}352 \times \frac{40}{18} = 131{,}893 \text{ mg de KCl}$$

On arriverait ainsi à une élimination totale de 199,800 mg de NaCl et 46,245 mg de KCl pour un animal immergé dans 10l, alors que l'élimination n'est que de 78,568 mg de NaCl et de 24,472 mg de KCl pour l'animal immergé dans 2 litres d'eau.

Le volume offert à l'animal joue un rôle essentiel dans l'importance des éliminations. L'élimination de NaCl, comme celle de KCl est d'autant plus importante que le volume d'eau, dans lequel l'animal évolue est important. Le fait pour la Tanche d'être confinée dans un faible volume diminue donc l'intensité de son élimination saline.

Deuxième Partie

EFFETS DE MODIFICATIONS DANS LA NATURE DU MILIEU INTERIEUR DE LA TANCHE SUR LES CARACTERES DE SON EXCRETION SALINE

Afin d'apporter des changements dans la composition du milieu intérieur de la Tanche, nous avons utilisé différents procédés :

Iº) Immersion des poissons dans des solutions hypertoniques

2º) Injections, soit de solutions salines concentrées, soit d'eau pure, injections que nous avons pratiquées, d'une part, dans la cavité péritonéale, d'autre part, directement dans la circulation sanguine.

A) IMMERSION DES POISSONS DANS DES SOLUTIONS HYPERTONIQUES

Les poissons sont introduits dans des solutions de chlorure de sodium, titrant respectivement 7g/1 000 et 10g/1 000, les temps d'immersion sont compris entre 120 et 240 minutes.

Nous avons suivi au photomètre de flamme, l'excrétion saline, dans deux litres d'eau distillée, de poissons immergés précédemment dans des solutions hypertoniques.

L'étude ultérieure de l'élimination en NaCl et en KCl donne des résultats semblables à ceux que nous avons obtenus avec un animal dans les conditions normales. La pénétration des sels dans l'organisme, si elle a lieu, doit être très lente.

Des solutions sodiques plus concentrées sont toxiques pour l'animal (DURY,M.(I8)). Quand la concentration du milieu extérieur dépasse un certain "seuil", la pénétration des sels dans le corps de l'animal est alors possible, Les sels s'accumuleraient dans les tissus (TAKEMURA,N. (77)), une concentration léthale serait rapidement atteinte, qui entraînerait entre autres des lésions branchiales, et par suite, la mort par asphyxie (BLACK, V.S. (8)).

Nous n'avons pas poursuivi nos expériences dans cette voie; il nous a paru plus intéressant, pour apporter des modifications au volume et à la composition ionique du milieu intérieur de la Tanche,de pratiquer des injections d'eau pure ou de solutions salines directement dans le corps de l'animal.

B) EFFET DES MODIFICATIONS DU MILIEU INTERIEUR SUR L'ELIMINATION DE LA TANCHE DANS L'EAU DISTILLEE

Les injections de solutions salines concentrées augmentent le volume du milieu intérieur, sa concentration en électrolytes et sa pression osmotique.

Les injections d'eau pure ou de solutions hypotoniques, si elles augmentent le volume du milieu intérieur, diminuent par contre la concentration en électrolytes et la pression osmotique.

Dans nos expériences, nous avons injecté à l'animal, d'un poids moyen de 150 grammes, par voie intrapéritonéale, les solutions suivantes :

- solution aqueuse de NaCl à 100g/litre (1 ml)
- solution aqueuse de KCl à 20g/litres(1 ml)
- solution aqueuse de $CaCl_2$ à 100g/litre (1ml)
- eau pure (3 à 5 ml).

Les effets immédiats et lointains des injections sur l'élimination branchiale et l'élimination urinaire sont suivis sur des poissons placés dans l'eau distillée.

CHAPITRE I

EFFETS IMMEDIATS, SUR L'EXCRETION BRANCHIALE ET URINAIRE DE LA TANCHE DANS UN LITRE D'EAU DISTILLEE, DE MODIFICATIONS DANS LA COMPOSITION DU MILIEU INTERIEUR.

Les éliminations branchiale et urinaire de NaCl et de KCl d'un Poisson normal placé dans l'eau distillée étant connues, nous avons étudié l'influence d'une injection intra-péritonéale d'une solution de NaCl, de KCl ou d'eau distillée.

Le poisson est mis en place, dans le bac à 2 compartiments avec une aiguille hypodermique insérée dans la cavité péritonéale. Un cathéter prolonge cette aiguille jusqu'à l'extérieur du bac. Dans une période de contrôle de 1 heure environ on suit l'élimination de NaCl et KCl du poisson normal. Après quoi, on pousse dans le cathéter à l'aide d'une seringue, un volume de 1 à 5 ml de la solution à étudier.

Pour évaluer l'influence de l'injection de sel, nous avons comparé les chiffres obtenus dans les 30 minutes qui suivent, avec les valeurs qu'auraient atteintes les éliminations, s'il n'y avait pas eu d'intervention.

C'est-à-dire, que d'après les expériences antérieures, entre la 60ième (moment de l'injection) et la 90ième minute, l'animal aurait normalement dû éliminer :

0,19 mg de NaCl branchial
et 0,06 mg de NaCl urinaire
0,04 mg de KCl branchial
0,025 mg de KCl urinaire.

INJECTION DE NaCl

Nous avons injecté 100 mg de NaCl dans 1 ml d'eau pure (solution à 100 g/litre), et étudié les éliminations ultérieures de NaCl et de KCl.

Résultats des injections de NaCl sur l'élimination ultérieure de de NaCl

Nous avons noté le nombre de mg de NaCl éliminé pendant les 30 minutes précédant l'injection, d'une part, et pendant les 30 minutes suivant l'injection d'autre part.

Date de l'expérience	30 mn précédant l'injection		30 mn suivant l'injection	
	NaCl en mg		NaCl en mg	
	Branch.	Urinaire	Branch.	Urinaire
28 Avril 66	0,15	0,15	0,25	0,50
4 Mai 66	0,40	0,30	0,60	0,70
5 Mai 66	0,40	0,22	0,30	0,45

Trois poissons ont été étudiés, la moyenne arithmétique des chiffres du tableau précédent est la suivante :

0,32 mg éliminé par voie branchiale, et 0,22 mg par voie urinaire, pendant les 30 minutes précédant l'injection (entre la 30ième et la 60ième minute d'expérimentation).

0,38 mg éliminé par voie branchiale et 0,55 mg éliminé par voie urinaire, pendant les 30 minutes qui suivent l'injection.

L'élimination branchiale de NaCl, après injection de 100 mg de NaCl dans 1 ml d'eau pure est double de l'élimination normale (0,38 mg éliminé contre 0,19), pendant les 30 minutes qui suivent cette injection.

L'élimination urinaire, dans les 30 minutes qui suivent la même injection de 100 mg de NaCl, est 9,16 fois plus forte que l'élimination urinaire normale (0,55 mg éliminé après injection contre 0,06 mg).

Résultats des injections de NaCl sur l'élimination ultérieure de KCl

Les résultats ont été obtenus à partir d'une expérience unique le 3 mai 1966.

Nous avons noté l'élimination de KCl, entre la 30ième et la 60ième minute, (c'est-à-dire pendant les 30 minutes précédant l'injection), qui était respectivement de 0,14 mg par les branchies, et 0,04 mg par voie urinaire.

Ces chiffres diffèrent relativement peu des résultats obtenus en étudiant l'élimination normale de sels à partir de 12 animaux, puisque la moyenne arithmétique calculée est respectivement 0,15 mg et 0,06 mg.

Pendant les 30 minutes suivant l'injection, dans la cavité péritonéale, de 100 mg de NaCl dans 1 ml d'eau pure l'élimination branchiale de KCl est 6,75 fois plus forte que l'élimination normale : 0,27 mg au lieu de 0,04 mg, et l'élimination urinaire de KCl environ 9,2 fois plus forte que l'élimination urinaire normale, 0,23 mg au lieu de 0,025 mg.

INJECTION DE KCl

Après avoir étudié l'animal pendant 60 minutes dans l'eau distillée, nous avons injecté dans la cavité péritonéale 20 mg de KCl dans 1 ml d'eau pure.

Résultats des injections de KCl sur l'élimination ultérieure de KCl

L'expérience, en date du 9 mai 1966 donne les résultats suivants :

	NaCl branchial en mg	NaCl urinaire en mg
30 mn précédant l'injection	0,32	0,20
30 mn suivant l'injection	0,40	0,65

Normalement, il aurait éliminé dans les 30 dernières minutes 0,19 mg de NaCl par voie branchiale et 0,6 mg de NaCl par voie urinaire.

Pendant les 30 minutes qui suivent l'injection, l'élimination branchiale de NaCl est 2,1 fois plus forte que l'élimination normale. L'élimination de NaCl par voie urinaire est 10,8 fois plus forte que l'élimination normale.

Résultats des injections de KCl sur l'élimination ultérieure de KCl

L'expérience, en date du 9 mai 1966, donne les résultats suivants :

	KCl branchial en mg	KCl urinaire en mg
30 mn précédant l'injection	0,15	0,05
30 mn suivant l'injection	0,60	0,125

La valeur de l'élimination que présente le poisson dans les 30 minutes suivant l'injection est donc 15 fois supérieure à la valeur normale pour ce qui est de l'élimination branchiale (0,60 mg au lieu de 0,04), et 5 fois supérieure à la valeur normale pour ce qui est de l'élimination urinaire (0,125 mg au lieu de 0,025 mg).

INJECTIONS DE $CaCl_2$

Nous avons étudié l'animal 60 minutes dans l'eau distillée, et injecté à cet instant dans la cavité péritonéale 100 mg de $CaCl_2$ dans 1 ml d'eau pure.

Résultats des injections de $CaCl_2$ sur l'élimination ultérieure de NaCl

Deux expériences, effectuées les 10 et 11 mai 1966 ont donné les résultats suivants :

- entre la 30ième et la 60ième minute d'expérimentation :

Date de l'expérience	NaCl branchial en mg	NaCl urinaire en mg
10 mai	0,44	0,35
11 mai	0,18	0,75
moyenne	0,31	0,21

- les 30 mn suivant l'injection :

Date de l'expérience	NaCl branchial en mg	NaCl urinaire en mg
10 mai	0,33	0,425
11 mai	0,25	0,325
Moyenne	0,29	0,375

Nous pouvons donc conclure que, après une injection de $CaCl_2$, l'élimination ultérieure de NaCl par les branchies n'est que légèrement plus forte que l'élimination normale (1,52 fois l'élimination normale).

L'élimination urinaire de NaCl est 6,25 fois plus forte que l'élimination normale, dans les 30 minutes suivant l'injection.

Résultats des injections de $CaCl_2$ sur l'élimination ultérieure de KCl

Deux expériences, en date du 10 mai 1966 ont donné les résultats suivants :

- 30 minutes précédant l'injection :

	KCl branchial en mg	KCl urinaire en mg
1ère expérience	0,15	0,025
2ième expérience	0,15	0,075
Moyenne	0,15	0,05

- 30 minutes suivant l'injection :

	KCl branchial en mg	KCl urinaire en mg
1ère expérience	0,25	0,075
2ième expérience	0,27	0,25
Moyenne	0,26	0,16

Dans ces conditions, l'élimination branchiale de KCl est, dans les 30 minutes qui suivent l'injection de $CaCl_2$, 6,5 fois plus forte que l'élimination branchiale normale (0,26 mg au lieu de 0,04 mg).

L'élimination urinaire de KCl est égale, après une injection, à 6,4 fois l'élimination urinaire normale.

INJECTIONS D'EAU PURE

Les injections, de 3 à 5 ml d'eau pure, sont faites comme précédemment, par voie intra-péritonéale, à la 60ième minute d'expérience.

Résultats des injections d'eau pure sur l'élimination ultérieure de NaCl

Nous avons effectué 3 expériences, qui ont donné les résultats suivants :

- entre la 30ième et la 60ième minute d'expérimentation :

Date de l'expérience	NaCl branchial en mg	NaCl urinaire en mg
12 mai 1966	0,43	0,27
13 mai 1966	0,18	0,22
13 mai 1966	0,36	0,16
moyenne	0,32	0,21

- les 30 minutes suivant l'injection :

Date de l'expérience	NaCl branchial en mg	NaCl urinaire en mg
12 mai 1966	0,50	0,49
13 mai 1966	0,46	0,57
13 mai 1966	0,32	0,42
moyenne	0,42	0,49

L'élimination branchiale de NaCl est 2,20 fois plus forte que l'élimination normale.

L'élimination urinaire de NaCl est 8,16 fois plus forte que l'élimination normale.

Résultats des injections d'eau pure sur l'élimination ultérieure de KCl

Les deux expériences que nous avons effectuées le 13 mai 1966 ont donné les résultats suivants :

entre la 30ième et la 60ième minute d'expérimentation :

Date de l'expérience	KCl branchial en mg	KCl urinaire en mg
1ère expérience	0,125	0,025
2ième expérience	0,225	0,10
moyenne	0,17	0,06

- les 30 minutes suivant l'injection :

Date de l'expérience	KCl branchial en mg	KCl urinaire en mg
1ère expérience	1,175	0,40
2ième expérience	0,325	0,175
moyenne	0,75	0,28

L'élimination branchiale ou urinaire de KCl de ces 2 poissons, est, pendant les 30 minutes qui précèdent l'injection, normale. Nous pouvons donc conclure que, pendant les 30 minutes qui suivent une injection d'eau pure, l'élimination branchiale de

KC_1 est 18,75 fois (0,75 mg au lieu de 0,04 mg); et l'élimination urinaire 11,2 fois (0,28 mg au lieu de 0,025 mg) plus forte que l'élimination normale de sels.

SYNTHESE DES RESULTATS OBTENUS ET CONCLUSION

Pendant les 30 minutes qui suivent une injection de solution saline ou d'eau pure, les éliminations de NaCl et de KCl sont les suivantes :

Nature de l'injection	Elimination de NaCl en mg		Elimination de KCl en mg	
	Branchiale	Urinaire	Branchiale	Urinaire
NaCl 100 mg	0,38	0,55	0,27	0,23
KCl 20 mg	0,40	0,65	0,60	0,125
$CaCl_2$ 100 mg	0,29	0,375	0,26	0,16
Eau pure	0,42	0,49	0,75	0,28

Durant la même période, l'élimination normale de sels est la ssuivante :

NaCl en mg		KCl en mg	
Branchiale	Urinaire	Branchiale	Urinaire
0,19	0,06	0,04	0,025

Nous observons une élimination accrue de sels accompagnée ou non d'une élimination accrue d'eau, le dernier point n'a pu être étudié avec la technique utilisée.

L'intensification de l'élimination de NaCl se fait surtout sentir par voie urinaire (fig. 19).

L'élimination de KCl au contraire est augmentée de façon légèrement plus sensible par voie branchiale (fig. 20).

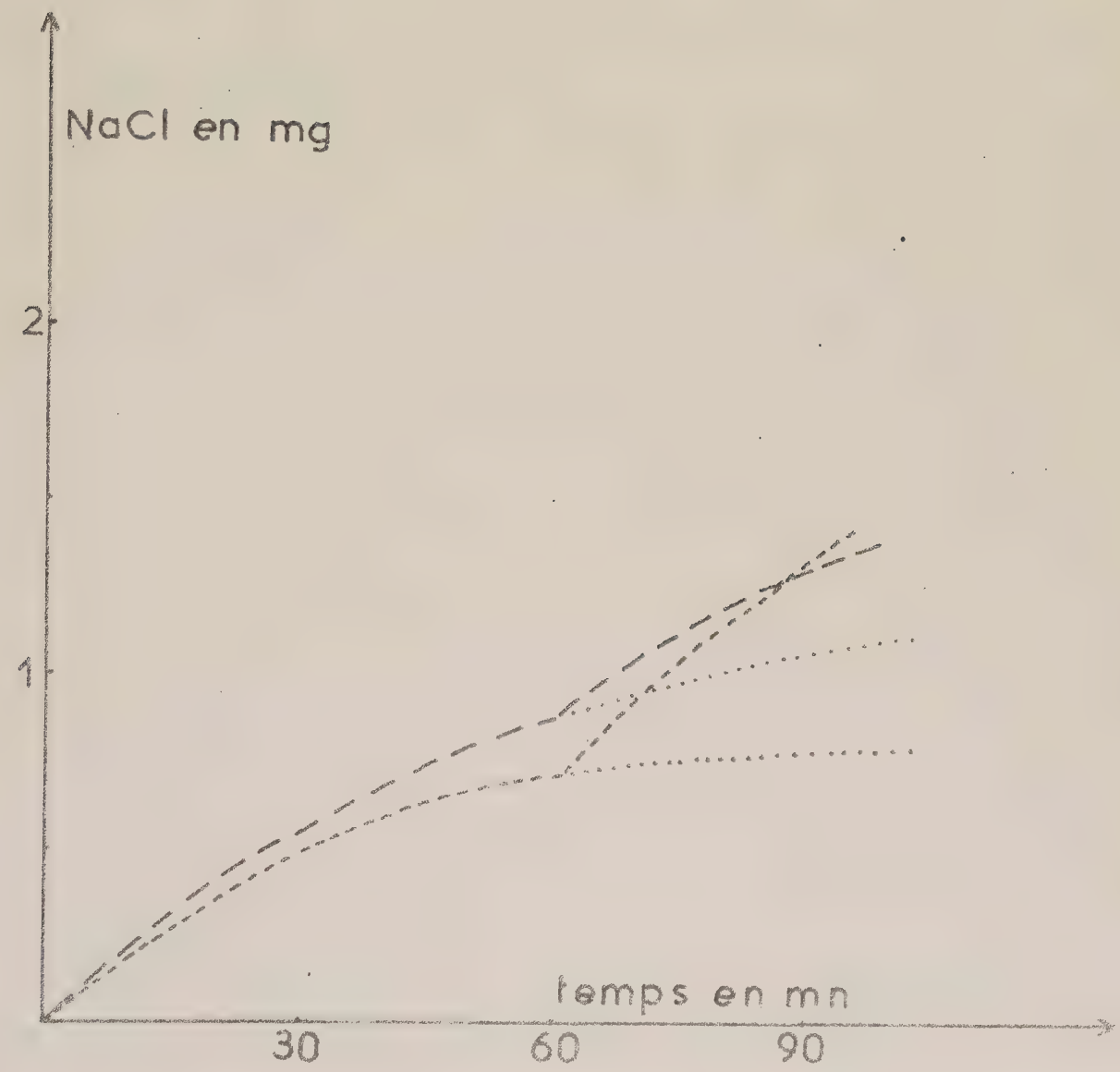


Figure 19 -Evolution, après une injection de 100 mg de NaCl à la 60ième minute, de l'élimination
de NaCl branchial - - -
de NaCl urinaire -----
que présente la Tanche en fonction du temps

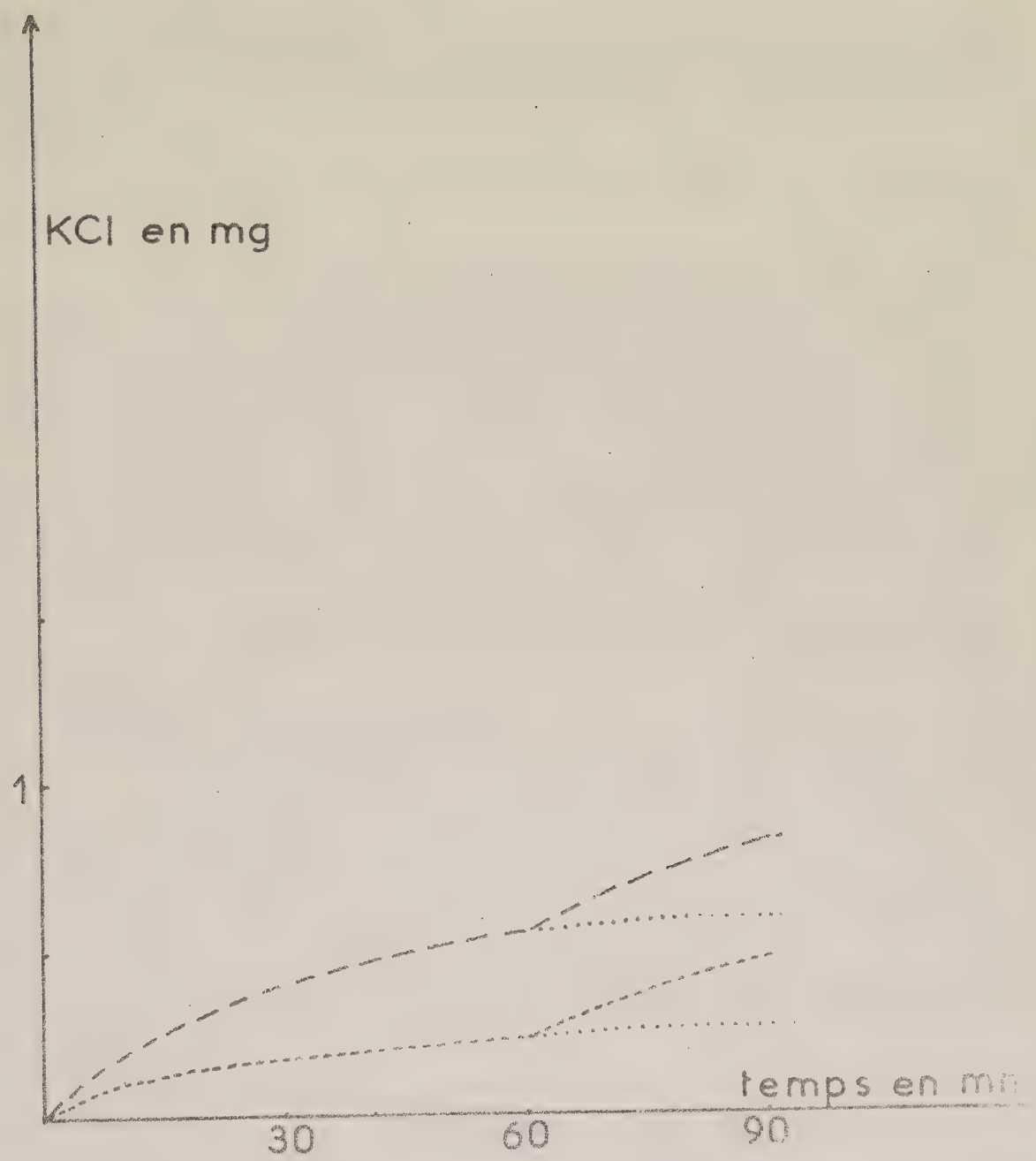


Figure 20 - Evolution, après une injection de 100 mg de NaCl à la 60ième minute de l'élimination
de KCl branchial - - - -
de KCl urinaire -------
que présente la Tanche en fonction du temps.

CHAPITRE II

EFFETS LOINTAINS D'INJECTIONS DE NaCl, KCl, EAU PURE PRATIQUEES DANS LA CAVITE PERITONEALE, SUR L'ELIMINATION DE NaCl et KCl DE LA TANCHE

Nous évaluons, dans un premier temps, les éliminations normales de l'animal.

Une injection de solutions de NaCl ou de KCl est poussée dans la cavité péritonéale, et la Tanche est placée en attente dans un volume, soit d'une dizaine de litres, soit de 2 ou 3 litres d'eau du robinet. Au moment voulu, 4h., 24h., ou 72h. après l'injection, la Tanche est placée après un rinçage rapide dans dans l'eau distillée, dans un bac expérimental de 2 litres d'eau distillée. Son élimination totale, de NaCl et de KCl est alors étudiée pendant 30 minutes au photomètre de flamme.

Les résultats que nous obtenons sont exprimés en mg/ 30 mn/ animal.

EFFETS DES INJECTIONS DE NaCl

Nous avons injecté 100 mg de NaCl dans 1 ml d'eau pure (solution à 100 g/litre).

Evolution de l'élimination de NaCl

Il y a lieu de considérer le volume d'eau où baigne l'animal pendant la durée de l'expérimentation.

1°) la Tanche est placée dans un volume d'une dizaine de litres d'eau.

Les résultats que nous obtenons sont les suivants:

Date de l'expérience	Elimination de NaCl en mg/30 mn avant injection	4 heures	30 heures après injection	72 heures
Nov. 65	4,3	-	2,2	2,9
Nov. 65	2,2	2,5	2,4	2,1
Nov. 65	2,3	1,8	2,4	2,1
Nov. 65	2,2	1,8	2,3	2,6
Nov. 65	5	3,2	3,9	3,9

L'élimination moyenne normale en NaCl est de 3,2mg/30mn dans deux litres d'eau distillée.

Après une injection de 100 mg de NaCl dans 1ml d'eau, l'élimination moyenne est respectivement de 2,325 mg/30 mn, 2,65 mg/30 mn, 2,74 mg/30 mn, les 4 heures, 30 heures et 72 heures suivant l'injection.

La figure 2I représente l'évolution de l'élimination de NaCl après l'injection.

Conclusion

L'injection produit, dans les 4 heures, une diminution de l'élimination. On note ensuite, quand la Tanche est placée dans un volume d'une dizaine de litres, une augmentation de l'intensité de l'élimination, qui tend à atteindre les valeurs initiales au-delà de 3 jours.

2º) La Tanche est placée dans un volume de 2 à 3 litres d'eau

Les résultats que nous obtenons dans ce cas sont les suivants :

Date de l'expérience	Elimination de NaCl en mg/30 mn			
	avant injection	4 heures	26 heures après injection	72 heures
Déc. 65	7,4	2,8	2,6	2,0
Déc. 65	2,5	2,6	2,2	1,7
Janv.66	7,1	2,2	2,0	2,0
Janv.66	5,9	2,8	3,4	2,2
Janv.66	3,0	2,6	2,4	1,6

L'élimination moyenne normale de NaCl est de 5,8 mg/30 mn, dans 2 litres d'eau distillée.

Dans les 4 heures, 26 heures, 72 heures suivant l'injection de 100 mg de NaCl dans 1ml d'eau, l'élimination moyenne en NaCl est respectivement 2,6 mg/30 mn, 2,52 mg/30 mn et I,90 mg/30 mn.

Nous avons construit, d'après les chiffres obtenus, la courbe de l'évolution de l'élimination en NaCl de la Tanche après

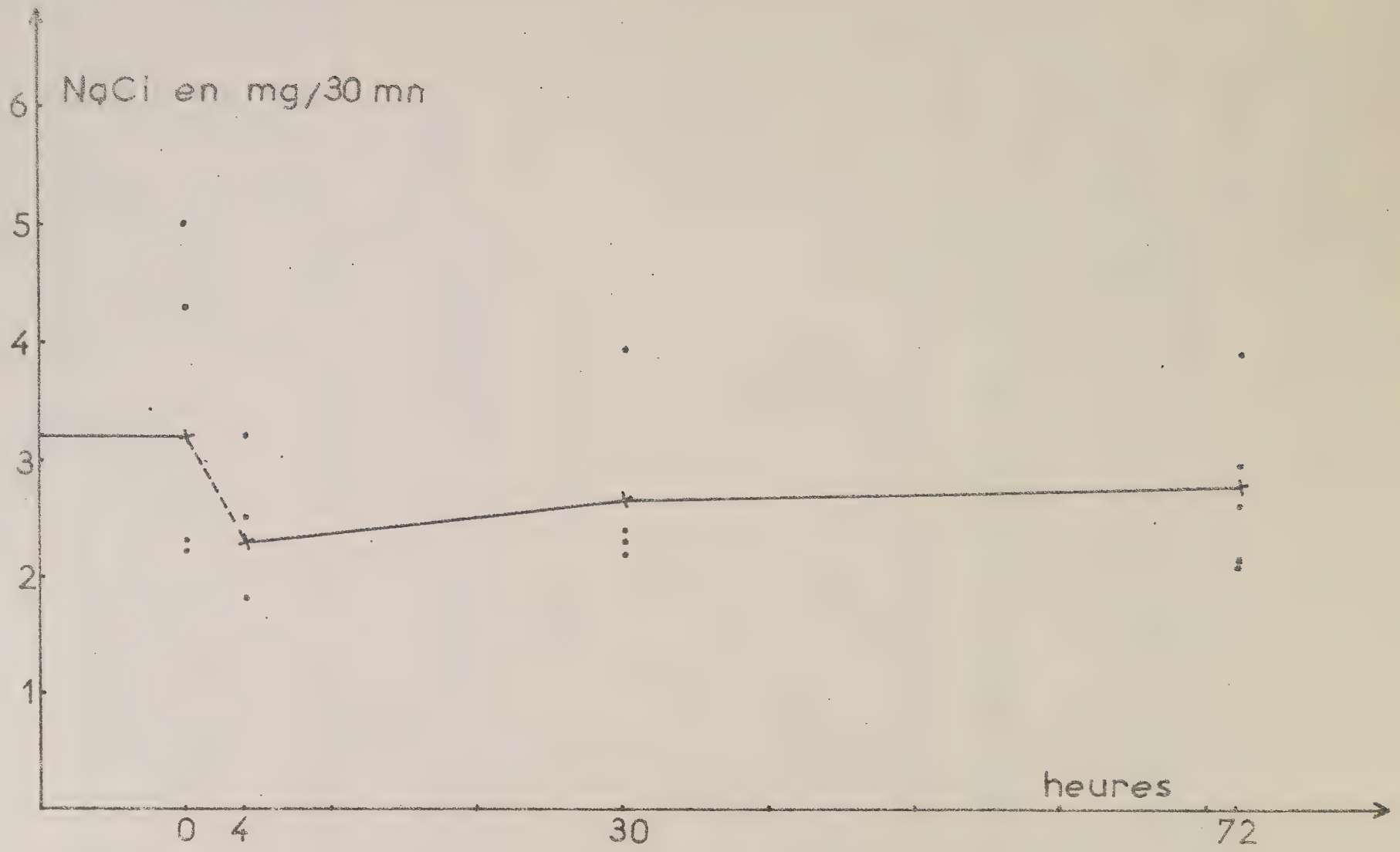


Figure 21 - Evolution de l'élimination de NaCl en fonction du temps que présente la Tanche placée dans un volume de 10 litres d'eau, après une injection de NaCl au temps 0.

une injection et placée dans un volume de 2 à 3 litres d'eau, en fonction du temps (fig.22).

Conclusion

On observe, au bout de 4 heures, une forte diminution de l'élimination en NaCl et l'intensité de l'élimination diminue encore au cours des jours suivants.

Evolution de l'élimination de KCl

Iº) La Tanche est placée dans un volume d'une dizaine de litres d'eau

Nous avons obtenu les résultats suivants :

Date de l'expérience	Elimination de KCl en mg/30 mn			
	avant injection	4 heures	24 heures après injection	72 heures
Nov. 65	0,80	0,75	0,80	0,90
Nov. 65	0,60	0,30	0,80	0,70
Nov. 65	1,00	0,40	0,75	1,40
Nov. 65	2,00	0,80	1,20	1,70

L'élimination moyenne normale en KCl est de 1,10 mg/30 mn.

Dans les 4 heures, 24 heures, 72 heures suivant l'injection, l'élimination moyenne en KCl est respectivement : 0,5625 mg/30 mn, 0,8875 mg/30 mn et 1,17 mg/30 mn.

La courbe de l'évolution de l'élimination en KCl de la Tanche après une injection de NaCl est représentée sur la figure 23.

Conclusion

L'élimination du KCl subit une inhibition dans les 4 heures qui suivent l'injection de NaCl, inhibition assez marquée (l'élimination de KCl n'atteint que la moitié de la valeur de l'élimination normale). La reprise des éliminations normales se fait au bout de 3 jours.

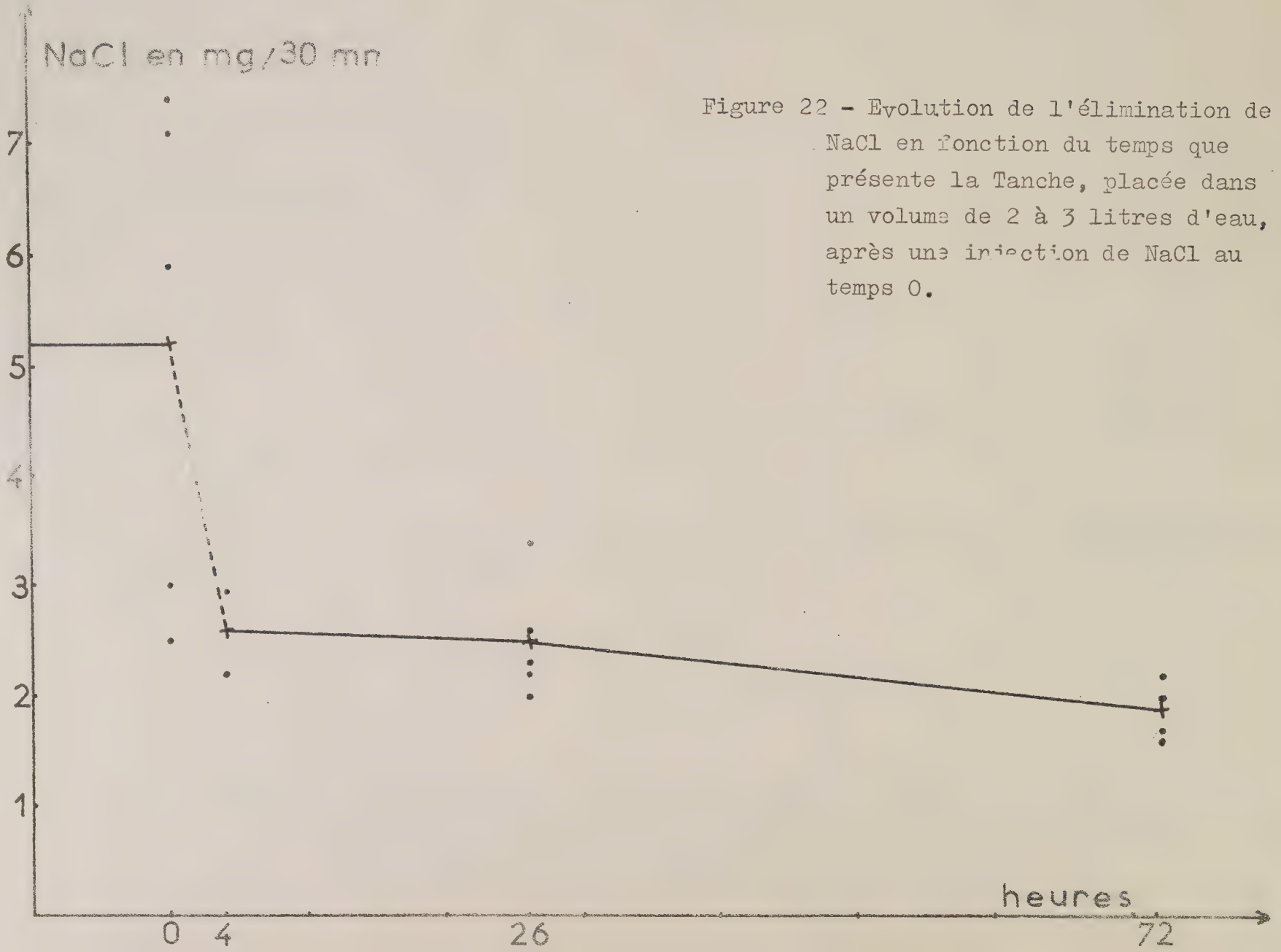


Figure 22 - Evolution de l'élimination de NaCl en fonction du temps que présente la Tanche, placée dans un volume de 2 à 3 litres d'eau, après une injection de NaCl au temps 0.

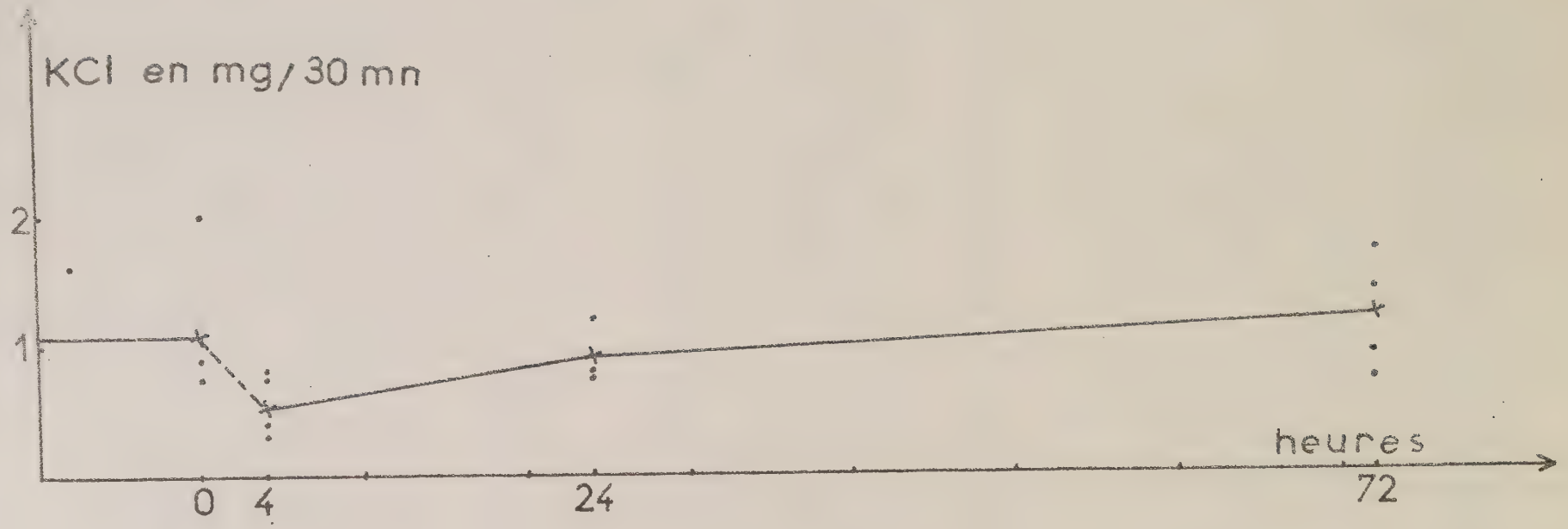


Figure 23 - Evolution de l'élimination de KCl en fonction du temps que présente la Tanche, placée dans un volume de 10 litres d'eau après une injection de NaCl au temps 0.

2º) La Tanche est placée dans un volume de 2 à 3 litres d'eau

Dans ce cas, les résultats que nous avons obtenus sont les suivants :

Date de l'expérience	Elimination de KCl en mg/30 mn			
	avant injection	4 heures après injection	24 heures après injection	72 heures
Déc. 65	2,0	0,5	0,8	1,5
Déc. 65	1,3	0,5	1,0	1,2
Janv.66	2,1	0,8	1,0	0,9
Janv.66	1,2	1,1	1,0	0,8
Janv.66	1,8	-	1,1	1,4

L'élimination normale en KCl est en moyenne de 1,68 mg / 30 mn.

Dans les 4 heures, 24 heures, 72 heures qui suivent l'injection, l'élimination en KCl a pour moyenne respectivement : 0,725 mg/30 mn, 0,98 mg/30 mn, et 1,16 mg/30 mn.

La figure 24 représente l'évolution de l'élimination en KCl de la Tanche, placée dans 2 à 3 litres d'eau, et après une injection de NaCl, en fonction du temps.

Conclusion

L'injection produit, dans les 4 heures, une inhibition de l'élimination de KCl. L'élimination tend à reprendre une valeur normale au delà de 3 jours.

Les effets de l'injection de 100 mg de NaCl sont, au bout de 4 heures, une forte diminution, tant de l'élimination en NaCl que de celle en KCl. L'évolution ultérieure de l'élimination de NaCl est fonction du volume offert à l'animal. La reprise d'une élimination normale de NaCl ne se fait que si le Poisson dispose d'un volume d'eau suffisamment important, dans les jours qui suivent l'injection. La reprise des éliminations normales de KCl se fait, quel que soit le volume offert, au bout de trois jours.

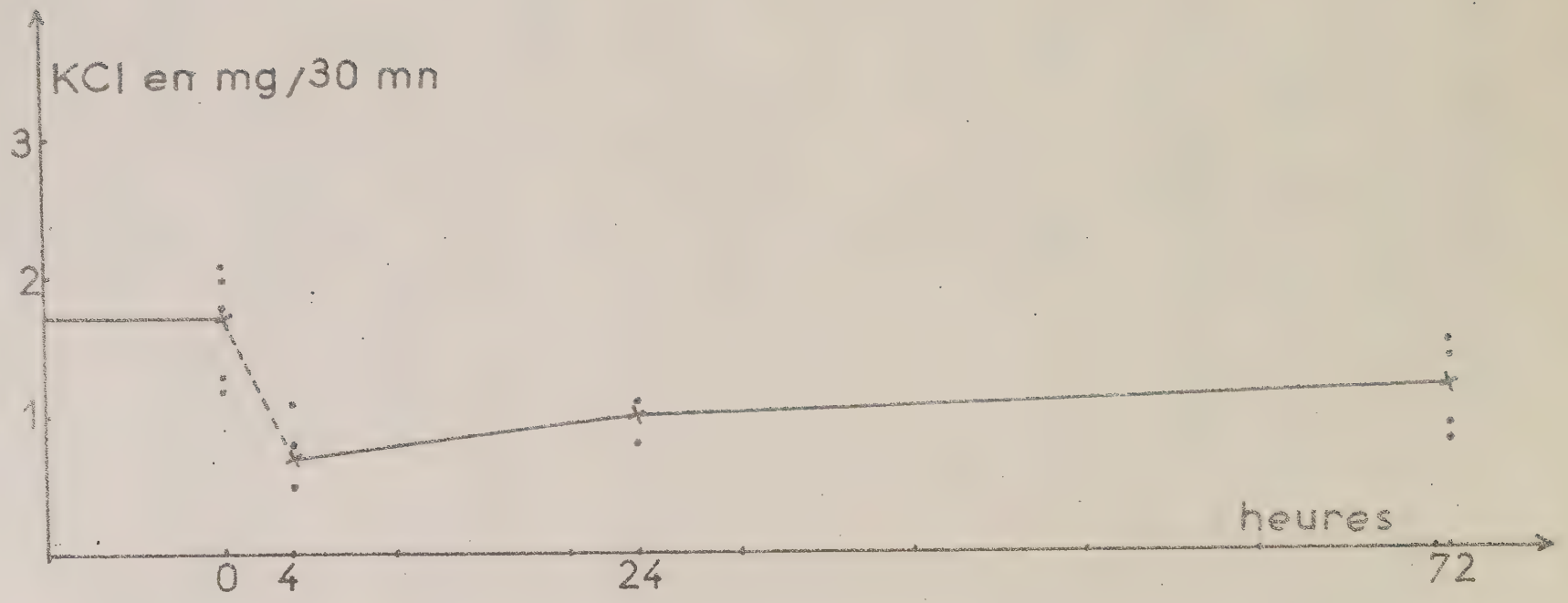


Figure 24 - Evolution de l'élimination de KCl en fonction du temps que présente la Tanche placée dans un volume de 2 à 3 litres d'eau, après une injection de NaCl au temps 0.

EFFET DES INJECTIONS DE KCl

Nous avons injecté des solutions de 20 ou de 40 mg de KCl dans 1 ml d'eau pure (solutions à 20 ou à 40 mg/litre).

Nous avons, pendant toute la durée de l'expérimentation , placé la Tanche dans un volume d'une dizaine de litres d'eau.

Evolution de l'élimination de NaCl

Nous avons obtenu les résultats suivants :

Date de l'expérience	Elimination de NaCl en mg/30 mn			
	Avant injection	6 heures	60 heures après injection	120 heures
Févr. 66	3,1	2,2	2,2	-
Févr. 66	5,0	1,7	3,2	5,6
Févr. 66	3,7	2,8	2,4	2,1
Févr. 66	3,7	1,4	1,2	1,8

L'élimination moyenne normale en NaCl est de 3,875 mg.

L'élimination moyenne en NaCl après une injection de KCl est respectivement 2,025 mg/30 mn, 2,25 mg/30 mn et 3,16mg/30 mn, les 6 heures, 60 heures et 120 heures qui suivent l'injection.

Conclusion

L'injection de KCl produit, dans les 6 heures, une diminution de l'élimination de NaCl. La reprise des éliminations se fait rapidement, et l'élimination reprend une valeur presque normale au delà de 4 jours (fig. 25).

Evolution de l'élimination de KCl

Les résultats que nous avons obtenus sont les suivants:

Date de l'expérience	Elimination de KCl en mg/30 mn			
	Avant injection	6 heures	60 heures après injection	120 heures
Févr. 66	1,9	1,8	1,2	-
Févr. 66	3,8	3,0	2,3	2,8
Févr. 66	1,9	1,4	1,0	1,6
Févr. 66	1,8	0,8	0,6	2,0

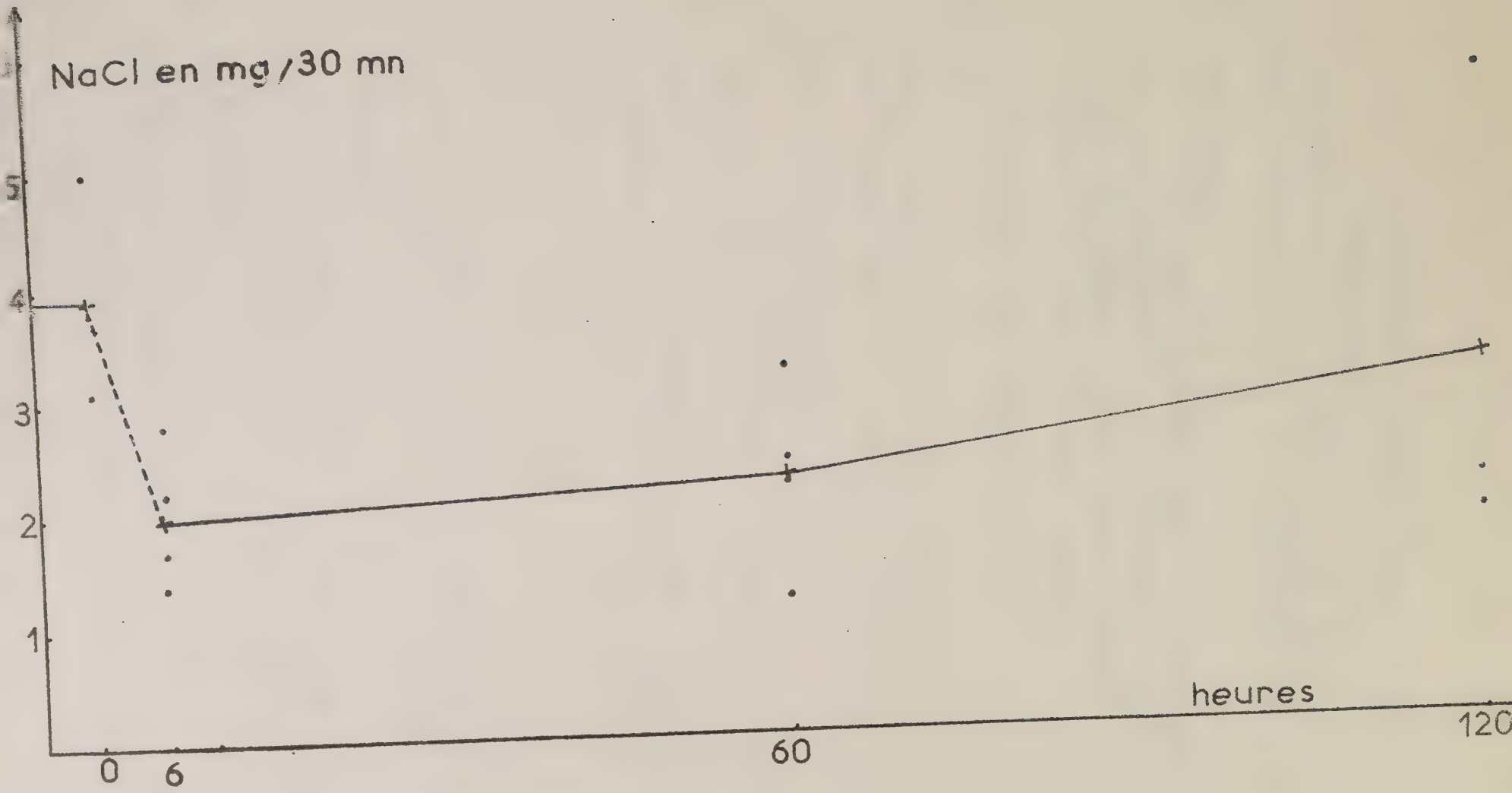


Figure 25 - Evolution de l'élimination de NaCl en fonction du temps, que présente la Tanche, placée dans un volume de 10 litres d'eau, après une injection de KCl au temps 0.

L'élimination moyenne normale en KCl est de 2,35mg/30 mn.

L'élimination moyenne après une injection de KCl est respectivement : 1,75 mg/30 mn, 1,25 mg/30 mn, 2,13 mg/30 mn les 6 heures, 60 heures et les I20 heures qui suivent l'injection.

Conclusion

L'injection de KCl dans la cavité péritonéale produit une inhibition sensible de l'élimination en KCl, inhibition qui se poursuit quelques jours, à partir desquels l'élimination tend à reprendre sa valeur initiale (fig.26).

EFFET DES INJECTIONS D'EAU PURE

Nous avons injecté 5 ml d'eau dans la cavité péritonéale. Pendant toute la durée de l'expérimentation, la Tanche est immergée dans un volume d'une dizaine de litres.

Evolution de l'élimination de NaCl

Nous avons obtenu, à la suite de 2 expériences, les résultats suivants :

Date de l'expérience	Elimination de NaCl en mg/30 mn avant injection	4 heures après injection	48 heures après injection
Avril 66	3,4	1,2	2,9
Avril 66	3,2	0,8	1,8
Moyenne	3,3	1,0	2,35

La figure 27 représente l'évolution de l'élimination en NaCl, après une injection de 5 ml d'eau pure.

Conclusion

On observe, dans le cas présent, également une forte inhibition de l'élimination en NaCl au bout de 4 heures. L'élimination semble devoir atteindre des valeurs normales au bout de 3 jours.

Evolution de l'élimination de KCl

Nous avons obtenu les résultats suivants :

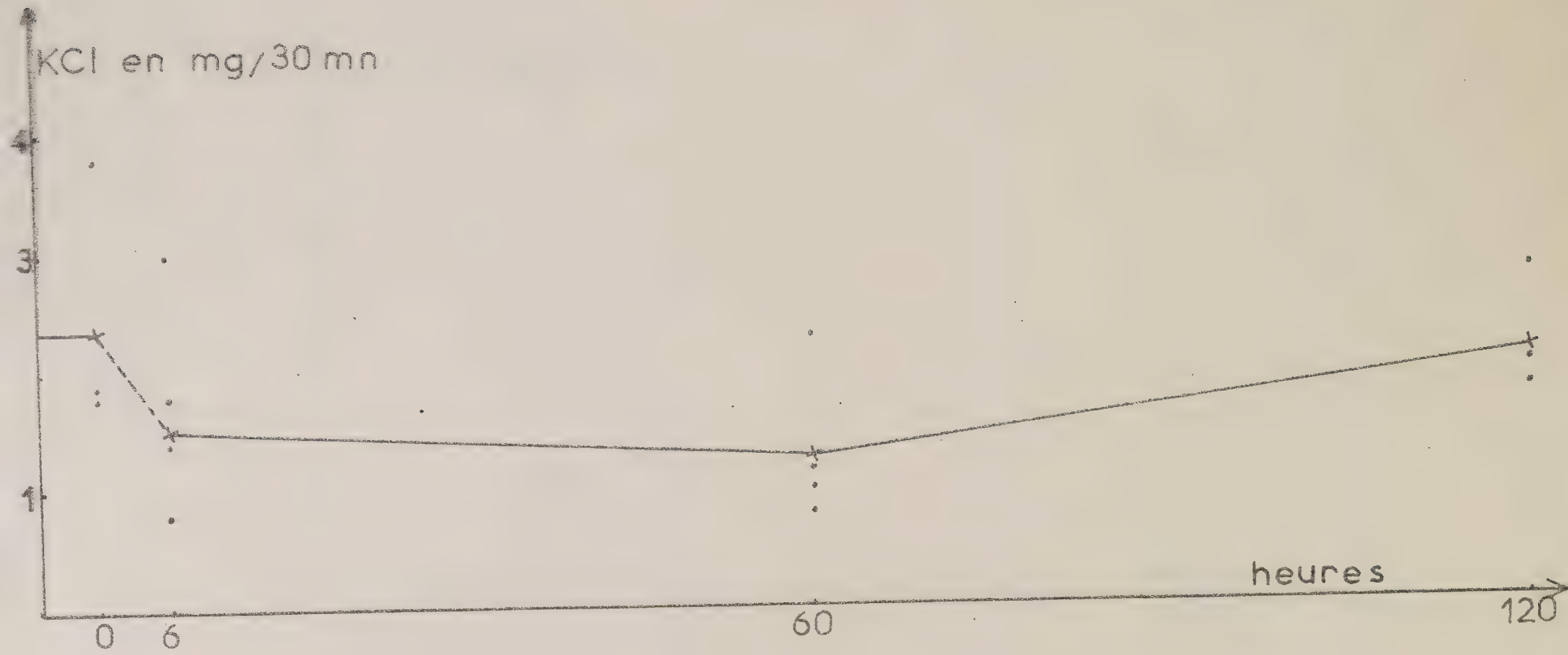


Figure 26 - Evolution de l'élimination de KCl en fonction du temps, que présente la Tanche, placée dans un volume de 10 litres d'eau, après une injection de KCl au temps 0.

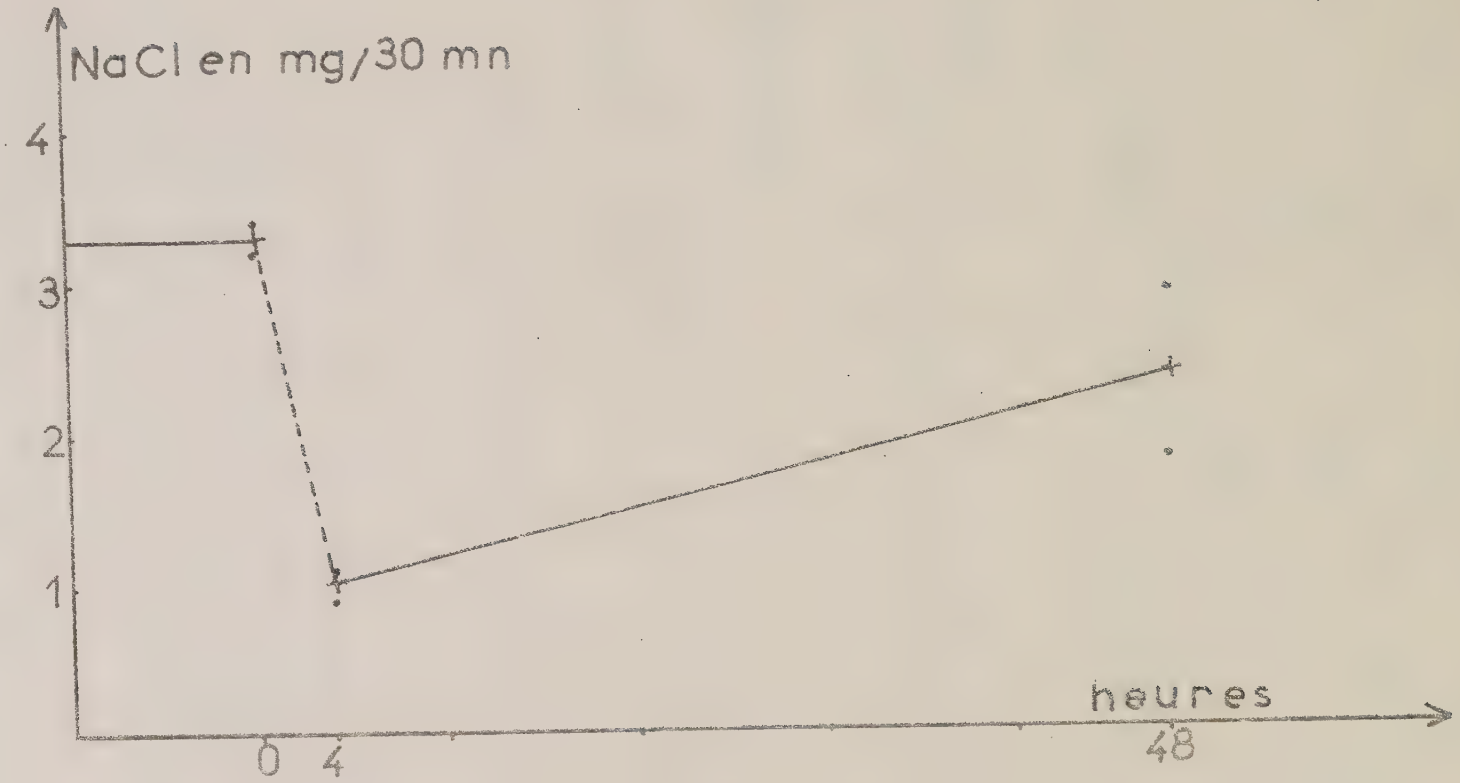


Figure 27 - Evolution de l'élimination de NaCl en fonction du temps, que présente la Tanche, placée dans un volume de 10 litres d'eau, après une injection de 5 ml d'eau pure au temps 0.

Date de l'expérience	Elimination de KCl en mg/30 mn		
	Avant injection	4 heures après injection	48 heures après injection
Avril 66	1 ,4	1 ,1	1,8
Avril 66	1 ,4	0,6	1,2
Moyenne	1 ,4	0,85	1,8

La figure 28 représente l'évolution,en fonction du temps de l'élimination en KCl de la Tanche après une injection d'eau pure.

Conclusion

On observe, au bout de 4 heures, une diminution de l' élimination, qui reprend sa valeur initiale au bout de deux jours.

CONCLUSION

Les éliminations de NaCl et de KCl se trouvent sensiblement accrues, dans les 30 minutes qui suivent une injection (2ième partie, chapitre I).

Hors, nous observons, dans les 4 à 6 heures qui suivent la même injection, une inhibition des éliminations de NaCl et de KCl.

Une première hypothèse vient à l'esprit pour expliquer ces résultats, en apparence contradictoires. Après une injection de sels, on pourrait penser que, dans l'éventualité où les fortes éliminations de NaCl et de KCl se poursuivent pendant quelques heures, le stock de sels se trouve être inférieur à la normale dans l'organisme, et que l'inhibition des éliminations salines provient d'un défaut de sels.

En fait, cette hypothèse est à rejeter, car il est impossible que la quantité de sels éliminés égale la quantité de sels injectée,cette dernière étant comprise entre 20 et 100 mg.

Des injections d'eau pure et des injections de solutions salines hypertoniques produisent les mêmes effets, immédiats et lointains, sur l'excrétion saline de la Tanche.

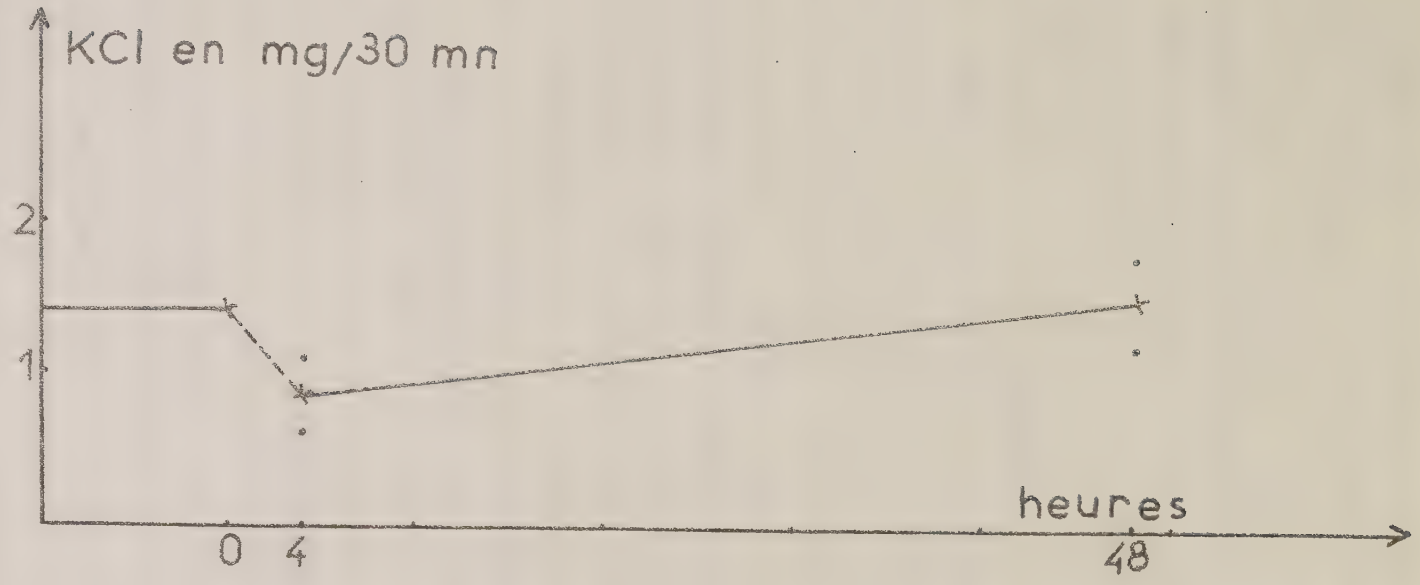


Figure 28 - Evolution de l'élimination de KCl en fonction du temps, que présente la Tanche, placée dans un volume de 10 litres d'eau, après une injection de 5 ml d'eau pure au temps 0.

Il ne semble pas que la solution injectée quitte rapidement la cavité péritonéale. En effet, nous avons injecté 1 ml d'une solution hypertonique de ^{24}Na dans la cavité péritonéale de la Tanche : 24 heures après l'injection, l'eau de l'aquarium, dans lequel était immergé l'animal, ne présentait aucune trace de radioactivité, alors que le poisson lui-même était radioactif.

Existerait-il alors, dans la cavité péritonéale du Poisson, des volorécepteurs, c'est-à-dire des récepteurs sensibles à une variation du volume de cette cavité. Les volorécepteurs transmettraient directement l'information aux centres supérieurs.

L'augmentation du volume du liquide de la cavité péritonéale provoquerait une élimination accrue de sels, immédiatement. Quelques heures après l'injection, on observe une inhibition nette des éliminations salines. Il pourrait s'agir d'un phénomène de compensation, qui éviterait le départ massif des sels vers l'extérieur.

Il se pourrait également que l'augmentation du volume de la cavité péritonéale provoque une élimination accrue d'eau, et par suite une élimination accrue de sels, dans les minutes qui suivent l'injection. L'inhibition des éliminations salines que l'on observe ensuite serait en rapport avec une inhibition de la diurèse tendant à éviter un départ massif de l'eau du corps de l'animal.

Il se peut également que les injections d'eau pure et les injections de solutions salines hypertoniques produisent les mêmes effets, mais selon des mécanismes différents.

Entre le milieu intérieur et le milieu de la cavité péritonéale doivent exister des échanges d'eau et de sels.

On peut penser que lorsqu'on injecte de l'eau pure dans la cavité péritonéale du poisson, il y a passage d'eau de la cavité péritonéale vers le milieu intérieur, et passage de sels en sens inverse d'où il résulterait une augmentation du volume en même temps qu'une diminution de la pression osmotique du milieu intérieur. On sait que l'augmentation de volume et la diminution de la pression osmotique du plasma provoquent une inhibition de la sécrétion de l'hormone antidiurétique. On observerait une diurèse accrue dans les minutes qui suivent l'injection, suivie de la mise

en jeu d'un phénomène de compensation (libération éventuelle d'aldostérone ?), tendant à éviter une déperdition du sodium.

Quand on injecte dans la cavité péritonéale du Poisson des solutions salines hypertoniques, le phénomène inverse pourrait avoir lieu : passage de sels de la cavité péritonéale vers le milieu intérieur, et passage d'eau en sens inverse, ce qui amènerait une diminution du volume et une augmentation de la pression osmotique du milieu intérieur. La diminution du volume sanguin circulant provoquerait un accroissement de la sécrétion d'aldostérone déterminant une augmentation de la diurèse, dans les minutes qui suivent l'injection. Un phénomène de compensation apparaîtrait ensuite, tendant à éviter un départ massif de l'eau du corps vers l'extérieur.

Il est certain que la confirmation de ces hypothèses demande des études plus poussées en particulier sur les échanges d'eau et de sels entre milieu intérieur et cavité péritonéale.

CHAPITRE III

EFFETS DE GROUPE

La plupart des Téléostéens d'eau douce vivent en groupe." Entre le Brochet solitaire, et les Ablettes serrées à se toucher, il existe tous les degrés de l'instinct grégaire" (DOTTRENS, E. (17)).

L'activité physiologique d'un poisson grégaire isolé n'est pas aussi bonne que quand il est élevé avec des congénères. Alke a constaté un effet favorable de la vie en groupe sur la croissance du Poisson rouge,et même,quand on le tient dans l'eau où on vécut d'autres individus de son espèce (DOTTRENS, E. (17)).

Nous avons réalisé les expériences suivantes :

Un animal, ayant reçu une injection de sels, NaCl ou KCl, est placé dans un aquarium d'une dizaine de litres. Dans le même aquarium, nous avons immergé un animal-témoin,n'ayant subi aucune intervention, et dont nous avons noté l'élimination.L'eau de l'aquarium n'est pas renouvelée pendant toute la durée de l'expérience (3 à 5 jours). L'épuration de l'eau se fait par un système de filtrage fonctionnant avec l'arrivée d'air dans l'aquarium.

RESULTATS

1°) Animaux-témoins placés dans le même aquarium que les animaux traités par une injection intra-péritonéale de 1 ml de solution aqueuse de NaCl à 100 mg/ml.

- Evolution de l'élimination en NaCl

Quatre expériences ont donné les résultats suivants :

Date de l'expérience	Elimination de NaCl en mg/30 mn chez les Poissons témoins.			
	Avant injection (des animaux traités)	4 heures après injection (des animaux traités)	30 heures	72 heures
Nov.65	5,2	4	2,5	2,8
Nov.65	1,3	1,7	1,4	1,0
Nov.65	1,5	0,5	1,2	0,8
Nov.65	2,8	1,0	0,8	2,0
Moyenne	2,7	1,8	1,4	1,6

Nous avons comparé l'évolution de l'élimination en NaCl chez les animaux traités et chez les animaux témoins (figure 29). Chez ces derniers, les mêmes variations s'observent dans la diurèse, mais le phénomène d'antidiurèse est plus marqué, et la reprise des éliminations normales se fait plus lentement .

- Evolution de l'élimination en KCl

Quatre expériences ont donné les résultats suivants :

Date de l'expérience	Elimination de KCl en mg/30 mn chez les Poissons témoins			
	Avant injection des animaux traités	4 heures après injection des animaux traités.	24 heures	72 heures
Nov. 65	0,6	0,4	0,4	1,0
Nov. 65	0,6	0,3	0,9	0,9
Nov. 65	1,2	0,8	0,6	1,6
Moyenne :	0,7	0,5	0,63	1,1

L'évolution de l'élimination en KCl que présentent les animaux témoins est semblable à celle des animaux traités (fig.30)

2°) Animaux-témoins placés dans le même aquarium que les animaux traités par une injection intrapéritonéale de 1 ml de solution aqueuse de KCl à 20 mg/ml.

- Evolution de l'élimination de NaCl

Les résultats de 2 expériences sont les suivants :

Date de l'expérience	Elimination de NaCl en mg/30 mn chez les Poissons témoins			
	Avant injection des animaux traités	4 heures après injection des animaux traités	24 heures	72 heures
Févr.66	3,5	1,7	1,5	1,4
Févr.66	3,5	1,4	1,0	1,3
Moyenne	3,5	1,55	1,25	1,35

Les courbes des éliminations de NaCl en fonction du temps sont représentées par la figure 31 pour les animaux témoins et pour les animaux traités.

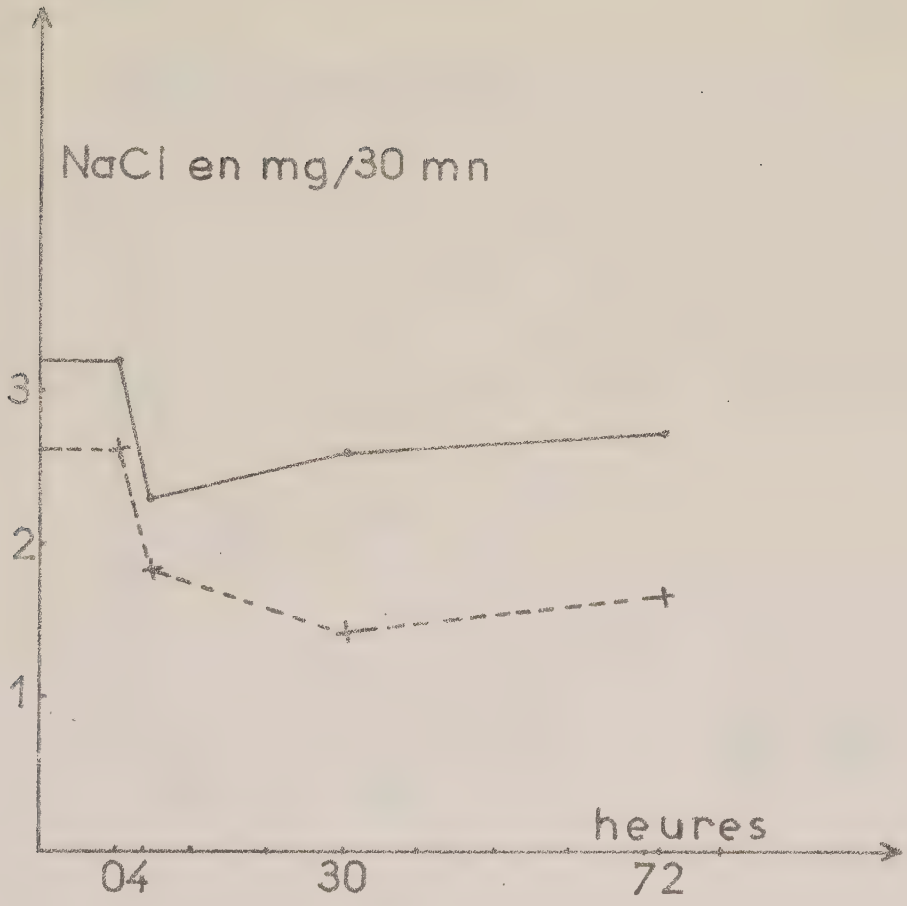


Figure 29 - Evolution de l'élimination de NaCl
——— animaux ayant reçu une injection de NaCl au temps 0.
----- animaux non traités placés dans le même bac expérimental que les animaux précédents.

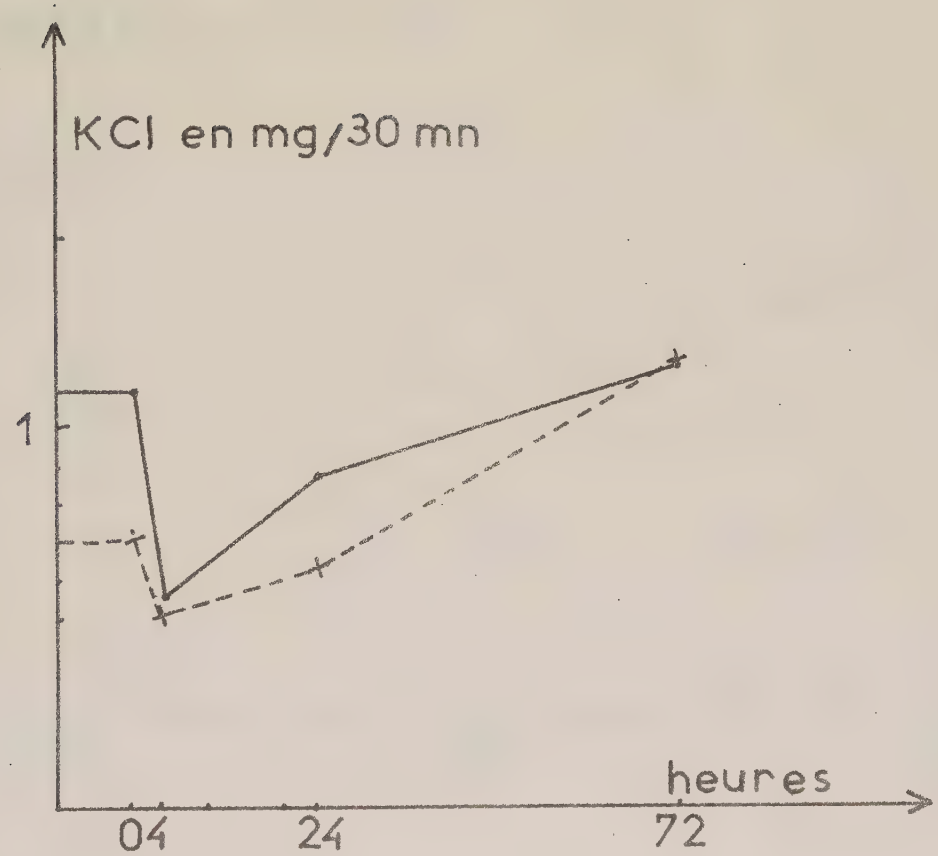


Figure 30 - Evolution de l'élimination de KCl
——— animaux ayant reçu une injection de NaCl au temps 0.
------ animaux non traités placés dans le même bac que les animaux précédents.

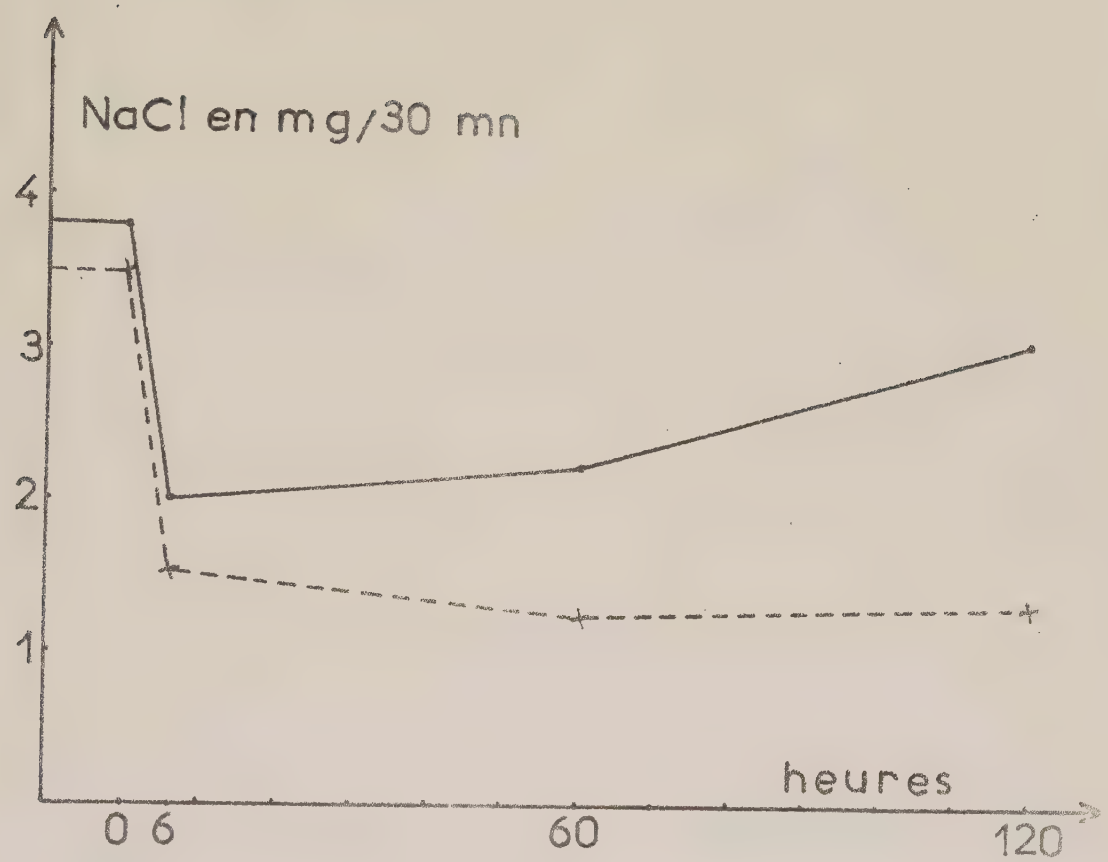


Figure 31 - Evolution de l'élimination de NaCl
——— animaux ayant reçu une injection de KCl au temps 0.
------ animaux non traités placés dans le même bac expérimental que les animaux précédents.

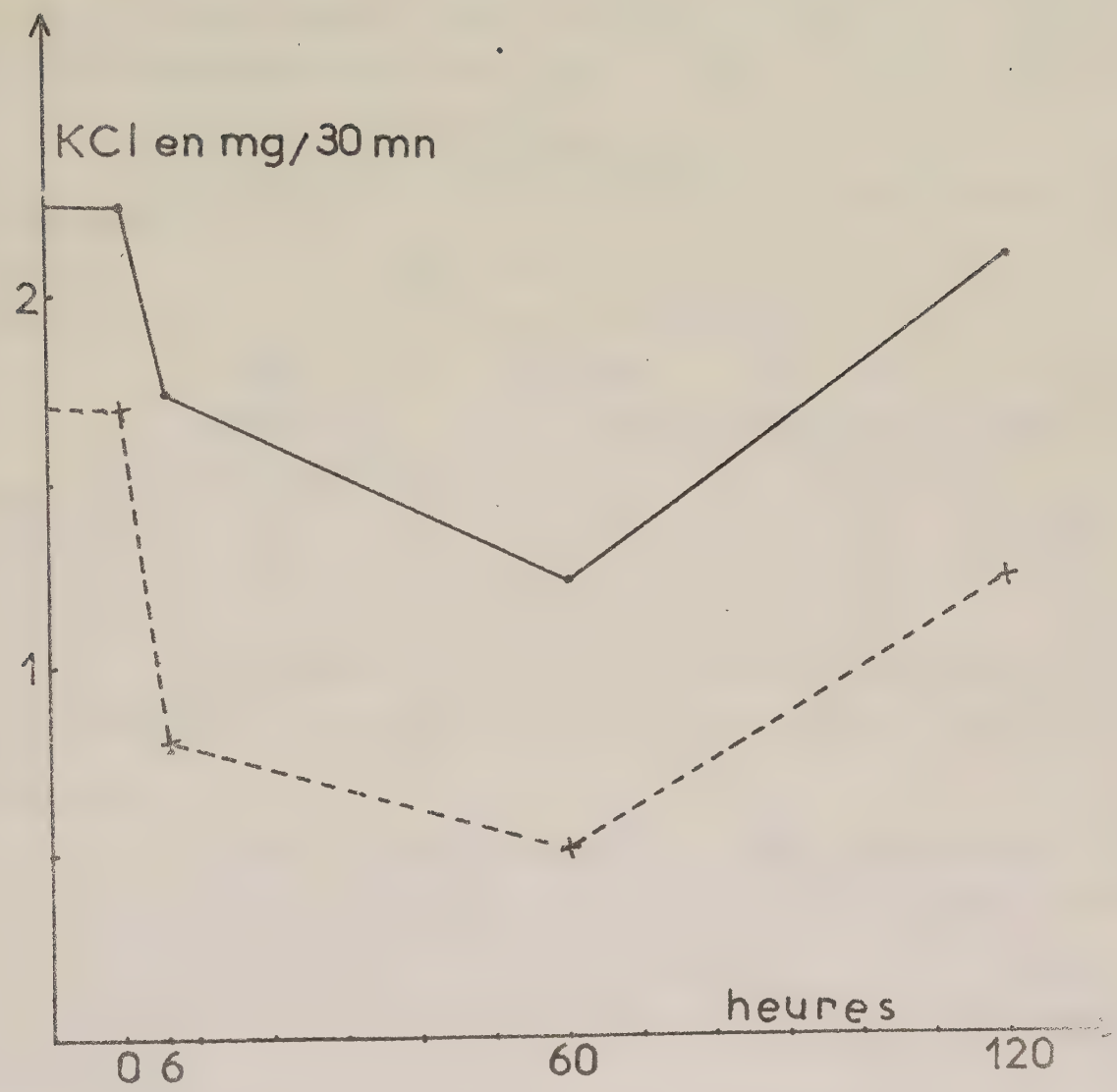


Figure 32 - Evolution de l'élimination de KCl

——— animaux ayant reçu une injection de KCl au temps 0.

----- animaux non traités placés dans le même bac expérimental que les animaux précédents.

L'élimination en NaCl que présentent les animaux témoins subit une inhibition plus importante que celle des animaux traités, après une injection de KCl dans la cavité péritonéale de ces derniers. On observe, chez les animaux témoins, une légère reprise des éliminations seulement après 3 jours d'expérimentation.

- Evolution de l'élimination en KCl

Les résultats, obtenus à partir de 2 expériences sont les suivants :

Date de l'expérience	Elimination de KCl en mg/30 mn chez les Poissons témoins			
	avant injection des animaux traités	4 heures après injection des animaux traités	60 heures après injection des animaux traités	120 heures après injection des animaux traités
Févr. 66	1,9	1,0	0,6	1,0
Févr. 66	1,5	0,6	0,4	1,5
Moyenne	1,7	0,8	0,5	1,25

L'évolution de l'élimination en KCl que présentent les animaux témoins est semblable à celle des animaux traités (fig.32)

CONCLUSION

Un animal témoin, placé dans le même aquarium que l'animal traité, présente les mêmes variations de diurèse que l'animal traité : diminution des éliminations de NaCl et de KCl.

La reprise de l'élimination normale de KCl se fait au delà de 2 à 3 jours pour les animaux témoins, comme pour les animaux traités.

La reprise de l'élimination normale de NaCl se fait moins rapidement, pour les animaux témoins que pour les animaux traités.

L'eau de l'aquarium qui a contenu les animaux injectés au NaCl ou au KCl ne paraît pas agir sur la diurèse d'animaux frais qui y sont placés. Nous avons effectué plusieurs expériences de ce type sans résultats concluants. Il faut dire, que lorsque nous avons effectué ces expériences, nous ignorions alors que le volume d'eau dans lequel évoluait initialement l'animal, avait un rôle primordial

sur ses éliminations salines ultérieures, lorsqu'il était placé dans un bac de faible volume. En l'absence d'indications précises concernant la provenance des animaux témoins mis en observation, il ne nous est pas possible de dégager une conclusion ferme sur cette question.

Cependant, nous pourrions expliquer certains de nos résultats par l'existence d'un principe, émis par les animaux injectés, et diffusant dans l'eau du bac. Ce principe provoquerait l'inhibition de l'excrétion saline.

L'"effet de groupe",pour se manifester, exige un animal réceptif au principe antidiurétique sécrété par un autre animal. L'inhibition passagère obtenue pourrait être due soit à une accoutumance progressive de l'animal à ce principe, soit à la reprise de ce principe par les branchies conduisant à sa destruction par métabolisation.

C) AUTRES EFFETS DE MODIFICATIONS DE LA NATURE DU MILIEU INTERIEUR DE LA TANCHE

Nous avons, durant les mois d'avirl et mai 1965, étudié l'action sur la Tanche des injections de solutions de NaCl, de KCl et de $CaCl_2$, pratiquées directement dans la circulation sanguine de l'animal, au niveau d'une petite veine médiane sous-maxillaire.

Nous avons utilisé des solutions :
de NaCl à 100g/litre
de KCl à 10g et 20g/litre
de $CaCl_2$ à 20g/litre que nous injections, suivant la nature du sel, de 0,1 ml (KCl) à 1 ml (NaCl).

Le poisson est saisi à la main, et le temps d'expérimentation ne dépasse pas 2 à 3 minutes.

On sait d'une part que la composition ionique du milieu intérieur de la Tanche est la suivante : 7,93 g/litre de NaCl, 0,309 g/litre de KCl, 0,330 g/litre de $CaCl_2$, d'après les travaux de JULLIEN, A. et Coll. (36). On sait d'autre part que le volume sanguin de la Tanche, donc approximativement le volume intérieur, n'est pas supérieur à 5 ml.

Les injections de solutions salines à la concentration annoncée augmentent donc, dans une mesure considérable, le volume du milieu intérieur, sa concentration en électrolytes, et sa pression osmotique.

Action des solutions de NaCl

Une injection de 100 mg (1ml de la solution à 100g/1000) ou plus de NaCl provoque en quelques heures la mort de l'animal replacé dans l'eau ordinaire, que ce soit à la température normale du laboratoire ou à une température de 10°C. Les mouvements operculaires sont visibles jusqu'à la fin. Les branchies, de violet

ou rouge foncé à l'état normal, deviennent rose pâle. L'évolution de la couleur des branchies est analogue à celle qu'on observe en faisant barboter de l'azote dans l'eau d'un bac contenant un poisson normal.

Si le poisson est placé dans l'eau aérée par de l'oxygène pur, il survit en présentant des modifications pigmentaires dont il sera question plus loin. L'eau très oxygénée, en effet, assure la survie de poissons qui reçoivent des injections à des doses qui seraient mortelles dans l'eau ordinaire.

Une injection de la solution de NaCl de volume inférieur à 1 ml provoque, en quelques heures, le pâlissement de tout le corps de l'animal et avec, parfois, des réactions de dilatation des chromatophores au bord des nageoires.

Les mêmes changements de coloration sont obtenus avec des injections de la solution de NaCl de 1 et même 2 ml (dans ce dernier cas la concentration de sel satteint 200 mg) si l'animal est placé, dès le début de l'expérience, dans une eau très riche en oxygène, cela pendant plusieurs heures.

Action des solutions de KCl

A la température du Laboratoire des injections de 0,1 ml de la solution de KCl à 20g/1000 (2mg) provoquent la mort rapide de l'animal, mort due à un phénomène d'asphyxie également, puisque les branchies prennent une teinte rose pâle. A l'ouverture de la cavité péricardiaque le coeur présente des fibrillations. L'eau à la température de 10º ne fait que prolonger la vie de quelques heures.

Nous avons pu conserver les poissons en vie pendant quelques jours dans une eau riche en oxygène après des injections de 5 et même de 10 mg de KCl (0,5 et 1 ml d'une solution à 10g/1000).

Ici dans aucun des cas étudiés, nous n'avons observé de changements dans la pigmentation de l'animal.

Action des solutions de $CaCl_2$

Des injections de 0,75 ml de la solution à 20 g/1000 (I5 mg) provoquent la mort de l'animal. Cette mort semble due à un phénomène différent de celui observé précédemment, car les mouvements operculaires cessent quelques minutes après l'injection. L'asphyxie serait précédée, dans le cas présent, d'un état de contracture des muscles.

Les poissons recevant des injections de $CaCl_2$ à des doses inférieures à I5 mg, après un laps de temps de 5 à 10 minutes pendant lequel ils paraissent noircir, prennent très nettement après une teinte jaune paille (et la conservent quelques semaines).

Les variations de couleur chez les Poissons dépendent essentiellement de cellules pigmentaires, connues sous le nom de chromatophores.

Les changements rapides de teinte proviennent du fait que le pigment contenu par les chromatophores varie dans sa position, pouvant être, soit concentré au centre de la cellule, soit dispersé dans tous les prolongements cellulaires.

Les chromatophores obéissent à une double commande nerveuse et hormonale.

En ce qui concerne le contrôle hormonal des changements de couleur, l'hypophyse a un rôle primordial comme facteur de mélanoexpansion. L'hormone en jeu serait la mélanophore stimuling hormone (ou MSH).

D'après certains auteurs, il existerait même 2 hormones hypophysaires : l'une mélanoexpansive, la MSH (α et β MSH) et une hormone de pâlissement, le principe W, antagoniste hypothétique de la MSH.

S'il y a hypophysectomie, une pâleur persistante s'observe chez la plupart des Téléostéens, cet effet est temporairement surmonté par l'injection d'extraits hypophysaires. Chez quelques Téléostéens, cependant, les effets de l'hypophysectomie, ou d'injections d'extraits hypophysaires, sont négligeables.

Une ou plusieurs autres hormones sont en jeu, et en particulier, l'adrénaline a été la première hormone reconnue capable d'agir sur les chromatophores. L'effet de l'adrénaline se traduit par une concentration du pigment des mélanophores, et provoque la pâleur. Elle surpasse la MSH dans l'efficacité de ses effets.

Certains facteurs font varier la teneur du sang en adrénaline et en noradrénaline chez les Téléostéens. Ainsi, chez la Carpe, MAZEAUD, M. (56) observe une légère augmentation de l'adrénalinémie au cours de l'agitation musculaire et au cours de l'asphyxie ; une forte augmentation de la noradrénalinémie au cours de l'agitation musculaire, de l'asphyxie, de l'hémorragie et des blessures. Cette adrénaline et noradrénaline pourraient expliquer le pâlissement.

Dans nos expériences, la prise du poisson, sa sortie de l'eau et l'injection qu'il subit ne nous paraissent pas durer un temps suffisant pour produire une augmentation de l'adrénalinémie. De plus, il y a peu de raison de croire que l'adrénaline portée par le sang ait un effet important sur l'activité des chromatophores. (ODIORNE,JM) (58)). L'expérience montre que les produits injectés ne modifient pas la pigmentation.

Dans ces conditions, il semblerait s'agir d'un contrôle hypophysaire. L'augmentation de volume et de concentration en électrolytes (Na^+ et K^+) du milieu intérieur produirait une libération de MSH.

L'ion K^+ est, parmi les 3 ions étudiés, le plus toxique pour les Vertébrés, dont il produit l'arrêt du coeur, à faible dose.

Il semble que, après une injection de KCl, la concentration en K^+ du milieu intérieur soit suffisante pour provoquer la mort de l'animal, mais insuffisante pour déclencher une libération d'intermédine.

Le système hormonal pourrait également n'avoir qu'un rôle secondaire en sensibilisant les chromatophores au système nerveux.

Le mécanisme du pâlissement sous l'influence des sels reste difficile à expliquer par les théories courantes. Chez cer-

tains poissons, une injection d'eau dans la cavité péritonéale provoque également le pâlissement.

Un fait semble certain : après une injection de sels, le Poisson montre un besoin accru en oxygène. Ce manque d'oxygène que présente l'animal serait-il en rapport avec le pâlissement, en agissant sur les chromatophores, directement ou indirectement ?

CONCLUSION

L'excrétion saline de la Tanche est sous la dépendance de nombreux facteurs :

- des facteurs externes : température, composition et teneur en oxygène de l'eau, pression atmosphérique.
- des facteurs internes : poids, teinte, alimentation de l'animal, facteur génital, sensibilité propre de chaque individu aux diverses manipulations.

Si nous avons pu savoir que le poids de la Tanche n'a aucune influence sur son élimination, nous avons cependant réussi à isoler quelques facteurs qui influencent l'excrétion saline :

le volume d'eau dont l'animal est originaire, dans le cas de son transfert dans un faible volume. L'adaptation au confinement se fait plus rapidement pour les poissons qui vivaient initialement dans de petits espaces.

le volume d'eau dans lequel l'animal évolue. L'excrétion saline de la Tanche est d'autant plus importante que le poisson a en sa disposition, un volume important d'eau.

Pour ce qui est des mécanismes régissant cette excrétion saline, notre étude ne nous a permis d'émettre que des hypothèses, qui demandent à être vérifiées. Il y a lieu de considérer :

- d'une part les échanges au niveau des branchies
- d'autre part les échanges au niveau des reins.

Ces échanges sont sous la dépendance d'hormones, en particulier hypophysaires. Il conviendrait d'effectuer des hypophysectomies, ce qui est difficile à réaliser chez la Tanche.

Après étude de ces mécanismes réglant l'excrétion saline, un bilan entre sorties et entrées des sels pourra être établi.

Les problèmes soulevés par cette thèse sont très complexes et demandent, pour être éclaircis, de nouvelles recherches.

BIBLIOGRAPHIE

I - ACHER,R., (I965) - Phylogénie des peptides hormonaux neurohypophysaires. Arch. internation. Physiol.Biochim., 73, 538-9.

2 - ARVY,L., FONTAINE, M., et GABE, M. (I954) - Action des solutions salines hypertoniques sur le système hypothalamo-hypophysaire, chez Phoxinus laevis Agass. et chez Anguilla anguilla L. C.R.Soc.Biol., I48, I759-I76I.

3 - BALDWIN, E. cité d'après BROWN, M.E. (I948) - An Introduction to Comparative Biochemistry, 3rd ed., Chapters II, IV. Cambridge Univ. Press, London and New York.

4 - BERTIN, L. (I958) - Organes de la respiration aquatique, dans Traité de Zoologie publié par GRASSE, P.P. (Masson et Cie ed. Paris) I3, fasc.II., I303-I34I.

5 - BEVELANDER, G. cité d'après BROWN, M.E. (I935) - A comparative study of the branchial epithelium in Fishes, with special reference to extrarenal excretion. J. Morphologie, 57, 335-348.

6 - BIETRIX, E. cité d'après BERTIN, L. (I895) - Etude de quelques faits relatifs à la morphologie du système circulatoire, à propos du réseau branchial des Poissons. Thèse de Faculté de Médecine, Paris.

7 - BINET , P. (I960) - L'homéo-ionie, condition nécessaire à l'homéothermie. J. Physiol., 52, suppl.III.

8 - BLACK, V.S. (I957) - Excretion and osmoregulation, in The physiology of fishes , edited by BROWN, M.E. Academic press inc., publishers, New York.

9 - BROWN, M.E. (edited by) (I957) - The physiology of fishes . Academic press inc., publishers, New York.

IO - BURDEN, C.E. (I956) - The failure of hypophysectomized Fundulus heteroclitus to survive in fresh water. Biol. Bull., IIO, 8 - 28.

II - BURNS,J., and COPELAND,D.E.(cité d'après BROWN,M.E.)(I950) Chloride excretion in the head region of Fundulus heteroclitus. Biol. Bull., 99, 38I-385.

I2 - CALLAMAND,O., FONTAINE, M., OLIVEREAU, M., et RAFFY, A. cité d'après VIVIEN,J. (I95I) - Hypophyse et osmorégulation chez les poissons. Bull. Inst. océanog.,984,I -7.

I2 - CIER, J.F. (I96I) - Les facteurs métaboliques et hormonaux de la répartition intra et extra-cellulaire du sodium et du potassium. J. Physiol.,53, 3 - 74.

I4 - CONWAY, E.J. (I958) - The redox pump theory and present evidence.Ier Colloque de Biologie de Saclay. Pergamon press. Paris-Londres, I - 27.

I5 - COOKE, R.E., SEGAR, W.E., CHEEK, D.E., COVILLE, F.E., et DARROW, D.C., cité d'après PLATTNER, H.C. (I952)-The extra-renal correction of alkalosis associated with potassium deficiency. J. Clin. Invest.,3I, 798 -805.

I6 - COPELAND, D.E. cité d'après BROWN, M.E. (I948) - The cytological basis of chloride transfer in the gills of Fundulus heteroclitus. J. Morphol.,82,20I-227.

I7 - DOTTRENS, E. (I952) - Les poissons d'eau douce,2 volumes. (Les beautés de la nature, Delachaux & Niestlé S.A.).

I8 - DURY, M. (I959) - Sur les temps de survie de quelques espèces de poissons d'eau douce placés dans des solutions salines à trois cations (Na, K et Ca) aux rapports variables et sur les possibilités de réanimation de ces mêmes formes par injection d'ions alcalins après intoxication par immersion dans des milieux chlorures sodiques hypertoniques. Diplôme d'Etudes supérieures, Besançon.

I9 - EDWARDS, J.G. (I928) - Studies on aglomerular and glomerular kidneys. Am. J. Anat.,42, 75-94.

20 - FONTAINE, M. (I953) - Equilibre hydrominéral et quelques particularités de sa régulation chez les Vertébrés.Arch. sci. physiol.,7, 55-77.

2I - FONTAINE,M. cité d'après BROWN, M.E. (I954) - Du déterminisme physiologique des migrations.Biol. Rev.,29, 390-4I8.

22 - FONTAINE, M.cité d'après BROWN,M.E. (I956)- The hormonal control of water and salt-electrolyte metabolism in fish. Mem.Soc.Endocrinol.,5,69-82.

23 - FONTAINE, M. (I964) - Corpuscules de Stannius et régulation ionique (Ca, K, Na) du milieu intérieur de l'Anguille (Anguilla anguilla L.). C.R.Acad.Sc., 259, 875-878.

24 - FONTAINE, M., LACHIVER, F., LELOUP, J., et OLIVEREAU, M. (I948) La fonction thyroïdienne du Saumon au cours de sa migration reproductrice. J.Physiol., 40, I82-I84.

25 - FONTAINE, M. et RAFFY, A. (I950) - Le facteur hypophysaire de rétention d'eau chez les Téléostéens. C.R.Soc.Biol. I44, 6-7.

26 - GABSCH, H.CH. (I96I) - Flammenphotometrie, in Moderne chemische methoden in der Klinik, herausgegeben von BUCHNER, M. Veb. Georg Thieme, Leipzig. 63I-656.

27 - GERARD, P. (I954) - Organes urogénitaux, dans Traité de Zoologie publié par GRASSE, P.P. (Masson et Cie ed. Paris). I2, 974-I043.

28 - GERARD, P. (I958) - Appareil excréteur, dans Traité de Zoologie publié par GRASSE, P.P. (Masson et Cie ed. Paris), I3, fasc.II., I545-I564.

29 - GORBMAN, A. and BERG, O. (I955) - Thyroïdal function in the fishes Fundulus heteroclitus, F. majalis, and F. diaphanus. Endocrinology, 56, 86-92.

30 - GRAFFLIN, A.L. cité d'après GERARD, P. (28) (I957) - Observations upon the aglomerular nature of certain teleostean kidneys. J. Morphol., 6I, I65-I75.

3I - HAYWOOD, C., and CLAPP, M.J. cité d'après BROWN, M.E. (I942) - A note of the freezing points of the urines of two fresh-water fishes : the catfish (Ameiurus nebulosus) and the sucker (Catostomus commersonii). Biol.Bull., 83, 363-366.

32 - HELLER, H. cité d'après BROWN, M.E. (I945) - The effect of neurohypophyseal extracts on the water balance of lower vertebrates. Biol.Revs., 20, I47-I58.

33 - HEUTS, M.J. (I943) - La régulation osmotique chez l'Epinochette (Pygosteus pungitius L.) Ann.Soc. Roy.Zool.Belg., 74, 99-I05.

34 - HOAR,W.S. cité d'après BROWN, M.E. (I953) - Control and timing of fish migration. Biol.Revs., 28, 437-452.

35 - HOAR, W.S., BLACK, V.S., and BLACK,E.C. (I95I) - Some aspects of the physiology of fish. University of Toronto Press.

36 - JULLIEN, A., CARDOT,J., RIPPLINGER,J., MARCOT, M., et DURY, M. (I957) - Contribution à l'étude de la survie de poissons d'eau douce dans des solutions salines simples ou équilibrées. Bull.Soc.Hist.nat.Doubs, 6I,I3I-I72.

37 - JULLIEN,A., RIPPLINGER, J., CARDOT,J., et DURY,M. (I959) - Sur le rétablissement des mouvements respiratoires chez la Tanche après action de milieux salins hypertoniques et sur l'allongement de la survie par injection de solutions monocationiques de K^+ ou de Na^+.C.R.Soc.Biol.,I53, I2I-I24.

38 - KEYS, A.B. (I93I) - cité d'après BROWN,M.E. - Chloride and water secretion and absorption by the gills of the eel. Z.vergleich.Physiol.,I5,364-388.

39 - KEYS,A.B. cité d'après BROWN,M.E. (I933) - The mechanism of adaptation to varying salinity in the common eel and the general problem of osmotic regulation in fishes. Proc.Roy.Soc. B II2,184-I99.

40 - KOCH, H.J.,and HEUTS,M.J. cité d'après HOAR,W.S.,BLACK,V.S., and BLACK,E.C. (I942) - Influence de l'hormone thyroïdienne sur la régulation osmotique chez Gasterosteus aculeatus L. forme gymnurus Cuv. .Ann.Soc.Roy.Zool.Belg., 73, I65-I72.

4I - KROGH,A. cité d'après BROWN,M.E. (I937) - Osmotic regulation in fresh water fishes by active absorption of chloride ions.Z.vergleich.Physiol., 24, 656-666.

42 - KROGH,A. (I939) - Osmotic Regulation in Aquatic Animals, II9 - I53, Cambridge Univ.Press,London and New York.

43 - LABAT, R. (I963) - Action de l'adrénaline dans le réflexe d'approche chez les Téléostéens marins homochromiques. C.R.Soc.Biol., I57, 88I-885.

44 - LELOUP, J., et LELOUP-HATEY, J. (I964) - Influence de l'ablation des corpuscules de Stannius sur le fonctionnement thyroïdien de l'Anguille normale et hypophysectomisée. C.R.Soc.Biol.,I58,I273-I276.

45 - LELOUP-HATEY, J. (I964) - Modifications de l'équilibre minéral de l'Anguille (Anguilla anguilla L.) consécutives à l'ablation des corpuscules de Stannius. C.R.Soc.Biol. I58, 7II-3.

46 - LELOUP-HATEY, J. (I964) - Influence d'un apport sodique et de l'aldostérone sur le déséquilibre minéral consécutif à l'ablation des corpuscules de Stannius chez l'Anguille (Anguilla anguilla L.). C.R.Soc.Biol.,I58,99I-994.

47 - LELOUP-HATEY,J. (I964) - Corpuscules de Stannius et équilibre minéral chez l'Anguille (Anguilla anguilla L.) J. J. Physiol., 56, 595-596.

48 - LELOUP-HATEY,J. et LELOUP, J. (I964) - Corpuscules de Stannius et thyroïde chez l'Anguille (Anguilla anguilla L.). J. Physiol., 56, 596-597.

49 - LENYS, D. (I963) - Etudes morphologiques des relations neuro-vasculaires hypothalamo-hypophysaires. Ann.Scient.Univ. Besançon, 2ème série, Médecine, fasc.8.

50 - LING, G.N. cité d'après CIER,J.F. (I95I) - Tentative hypophesis for selective ionic accumulation in muscle cells. Amer.J.Physiol.I67,806.

5I - LIU,C.K. cité d'après BERTIN,L. (I942) - Osmotic regulation and "chloride secreting cells" in the paradise fish, Macropodus opercularis. Sinensia Nanking, I3,I5-20.

52 - MACH,R.S. (I960) - Les états de déshydratation.La revue du praticien,X,nº4, 349-387.

53 - MAETZ,J., BOURGUET,J., et LAHLOUH,B. (I963) - Action de l'urophyse sur les échanges de sodium (étudiés à l'aide du ^{24}Na) et sur l'excrétion urinaire du Téléostéen Carassius auratus. J. Physiol.,55, I59-I6I.

54 - MAETZ,J., MOREL, F., et LAHLOUH,B. cité d'après CIER,J.F. (I959) - Natriferin : a new hormonal principle in the neurohypophysis of certain vertebrates.Nature,I84,I236.

55 - MAYER,N et MAETZ,J. (I967) - Axe hypophyso-interrénalien et osmorégulation chez l'Anguille en eau de mer. Etude de l'animal intact avec notes sur les perturbations de l'équilibre minéral produites par l'effet de "choc".C.R. Acad.Sc.,264, I632-I634.

56 - MAZEAUD, M. (I965) - Influence de divers facteurs sur l'adrénalinémie et la noradrénalinémie de la Carpe.C.R.Soc. Biol.,I58, 2028-202I.

57 - MEYER, D.K. cité d'après BROWN, M.E. (I95I) - Sodium flux through the gills of goldfish. Am.J.Physiol.,I65, 580-587.

58 - ODIORNE, J.M. (I957) - Color changes in the physiology of fishes, edited by BROWN, M.E.

59 - OLIVEREAU, M. (I948) - Influence d'une diminution de salinité sur l'activité de la glande thyroïde de deux Téléostéens marins : Muraena helena L., Labrus bergylta Asc. C.R.Soc Biol.,I42, I76-I77.

60 - OLIVEREAU, M. (I959) - Mise en évidence d'adrénaline et de noradrénaline dans le tissu chromaffine d'un poisson sélacien, la Roussette.Ann. Endocrinol.,20, 645-653.

6I - OLIVEREAU, M. (I960) - Etude volumétrique de l'interrénal antérieur au cours de la smoltification de Salmo salar L. Acta endocrinol. ,Danem.,33 .

62 - OLIVEREAU, M. (I963) - Effet de la thyroxinisation sur l'interrénal de l'Anguille . J. Physiol., 55, 3I0-3II.

63 - OLIVEREAU, M. (I963) - Effet de la radiothyroïdectomie sur l'interrénal de l'Anguille.J. Physiol.,55, 3II-3I2.

64 - OLIVEREAU, M. (I963) - Action de l'aldactone sur les corpuscules de Stannius de l'Anguille. C.R.Acad.Sc.,257,4035-4038.

65 - OLIVEREAU, M., et CHARTIER-BARADUC, M.M. (I965) - Aldactone et osmorégulation chez l'Anguille. C.R.Soc.Biol., I59, I498-I503.

66 - OLIVEREAU, M. et FONTAINE, M. (I965) - Effet de l'hypophysectomie sur les corpuscules de Stannius de l'Anguille. C.R.Acad Sci., 26I, 2003-8.

67 - PICKFORD, G.E. cité d'après BROWN, M.E. (I953) -A study of the hypophysectomized male killifish Fundulus heteroclitus L. Bull. Bingham. Oceanog. Coll., I4, 5-4I.

68 - PLATTNER, H.C. (I954) - Le métabolisme du potassium et ses perturbations. Masson et Cie, édit., Paris.

69 - PUSCHEL, J. cité d'après BINET, P. (I928) - Blutuntersuchungen bei einem Süsswasserteleoster (Tinca vulgaris Cuv.). Z.f. vergl. Physiol., 7, 606-IO.

70 - RICHARDS, A.N. cité d'après GERARD, P. (I935) - Urine formation in the Amphibian kidney, in The kidney in health and disease. H.Kempton, London.

7I - SCHARRER, E. cité d'après LENYS, D. (I928) - Die lichtemfindlichkeit blinder Eritzen Untersuchungen über das Zwischenhirn an Fische. Z.Zellforsch., 7, I-38.

72 - SEXTON, A.W., and MEYER, D.K. cités d'après BROWN, M.E. (I955)- Effects of potassium, caesium and lithium ions on sodium transport through gills of goldfish. Federation Proc., I4, I37.

73 - SMITH, H.W. cité d'après BROWN, M.E. (I929) - The excretion of ammonia and urea by the gills of fish. J.Biol.Chem., 8I, 727-742.

74 - SMITH, H.W. (I930) - The absorption and excretion of water and salts by marine teleosts. Am.J.Physiol., 93, 480-505.

75 - SMITH, H.W. cité d'après BROWN, M.E. (I953) - From fish to philosopher. Little, Brown, BOSTON.

76 - TAKASUGI, N., et BERN, H.A. (I926)- Experimental studies on the caudal neurosecretory system of Tilapia mossambica. Comp. Biochem. Physiol. G.B., 6, 289-303.

77 - TAKEMURA,N. cité d'après BLACK, V.S. (I95I) - Studies on the variation of Cl-ion concentration in body water of fresh water fishes. Osaka Daigaku Igaku Zassi, 3,6I-66.

78 - TUURALA, O. (I957) - Uber den Einfluss der osmotischen Belastung auf die Neurosekretion der Kleinfische Gasterosteus aculeatus L. und Phoxinus laevis L. aus dem Brackwasser des finnischen Meerbusens. Ann. Acad.Scient. Fennicae.A. IV,35-4I.

79 - VILTER,V. (I946) - Déterminisme hypophysaire du comportement "halophobe" de civelles immigrantes.C.R.Soc.Biol.,I40, 483-484.

80 - VIVIEN, J. (I958) - Les glandes endocrines, dans Traité de Zoologie publié par GRASSE,P.P. (Masson et Cie ed.Paris) I3, fasc.II ,I470-I544.

8I - WIKGREN,B. cité d'après BROWN,M.E. (I953) -Osmotic regulation in some aquatic animals with special reference to the influence of temperature. Acta Zool. Fennica,7I,I-I02.